

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΦΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΚΑΙ ΑΓΡΟΤΙΚΟΥ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΥ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ



**« Διερεύνηση της επίδρασης της διαπνοής
στην απορρόφηση Ca^{2+} , Mg^{2+} και K^{+} από
φυτά τριανταφυλλιάς ανεπτυγμένα σε
κλειστή υδροπονική καλλιέργεια »**

Πτυχιακή Διατριβή

**Κλαψινού Παναγιώτα
(Α.Ε.Μ. 602)**

Επιβλέπων Καθηγητής: Κίττας Κωνσταντίνος

Βόλος, 2004



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗΣ & ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»**

Αριθ. Εισ.:	4884/1
Ημερ. Εισ.:	6/9/2006
Δωρεά:	Συγγραφέας
Ταξιθετικός Κωδικός:	ΠΤ – ΦΠΑΠ
	2004
	ΚΛΑ

**« Διερεύνηση της επίδρασης της διαπνοής στην
απορρόφηση Ca^{2+} , Mg^{2+} και K^{+} από φυτά
τριανταφυλλιάς ανεπτυγμένα σε κλειστή υδροπονική
καλλιέργεια »**

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Κ. Κίττας (Επιβλέπων)

Καθηγητής

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Εργαστήριο Γεωργικών Κατασκευών και

Ελέγχου Περιβάλλοντος

Μ. Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη (Μέλος)

Καθηγήτρια

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Εργαστήριο Γεωργικής Υδραυλικής

Θ. Γέμτος (Μέλος)

Αν. Καθηγητής

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Εργαστήριο Γεωργικής Μηχανολογίας

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να εκφράσω τις ιδιαίτερες ευχαριστίες μου στον Κο Κωνσταντίνο Κίττα, Καθηγητή του Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, για την ευκαιρία που μου προσέφερε να ασχοληθώ με το γνωστικό αντικείμενο των Γεωργικών Κατασκευών, καθώς και για την ηθική και υλικοτεχνική υποστήριξη που μου παρείχε καθ' όλη τη διάρκεια διεξαγωγής των πειραμάτων και της συγγραφής της παρούσας εργασίας.

Εν συνεχεία, θα ήθελα να ευχαριστήσω τα μέλη της τριμελούς εξεταστικής επιτροπής, την Κα Μ. Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη, Καθηγήτρια Αρδεύσεων-Στραγγίσεων και Υδραυλικής και τον Κο Θ. Γέμτο, Αν.Καθηγητή Γεωργικής Μηχανολογίας του Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, για τη συμμετοχή τους στην εξεταστική επιτροπή και για τη συμβολή τους στην άρτια διαμόρφωση και ολοκλήρωση της εν λόγω διατριβής.

Καθοριστική υπήρξε η συμβολή του Χ. Λύκα, Υποψήφιου Διδάκτορα του Εργαστηρίου Γεωργικών Κατασκευών και Ελέγχου Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, στην αρτιότερη οργάνωση του πειράματος και συγγραφή της παρούσας διατριβής. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Κο Ν. Κατσούλα, Διδάκτορα του Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, για την πολύτιμη βοήθειά του.

Ιδιαίτερη ήταν η ηθική συμπαράσταση της φίλης και συμφοιτήτριάς μου, Αλεξίας Κουτσοφλίνη, καθ' όλη τη διεξαγωγή του πειράματος αλλά και κατά τη συγγραφή της παρούσας διατριβής.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου για την ηθική και υλική υποστήριξή τους καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου και την αμέριστη βοήθεια που μου παρείχαν στην περάτωση της πτυχιακής μου διατριβής.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η υδροπονία αποτελεί μια καλλιεργητική τεχνική εκτός εδάφους κατά την οποία η θρέψη των φυτών γίνεται με ειδικά θρεπτικά διαλύματα. Τα τελευταία χρόνια εφαρμόζεται ολοένα και περισσότερο στην παραγωγή θερμοκηπιακών καλλιεργειών καθώς επιτρέπει τον απόλυτο έλεγχο της θρέψης των φυτών, γίνεται δυνατή η εντατικοποίηση και ο προγραμματισμός της καλλιέργειας, επιτυγχάνεται μείωση του κόστους και αύξηση της παραγωγής και της ποιότητας και προστασία του περιβάλλοντος σε χρήση νερού και χημικών λιπασμάτων.

Σκοπός της υδροπονίας είναι η διαχείριση του θρεπτικού διαλύματος με τέτοιο τρόπο ώστε να επιτυγχάνεται η βέλτιστη θρέψη των φυτών. Για να επιτευχθεί αυτό θα πρέπει να γνωρίζουμε ποια είναι η συγκέντρωση των θρεπτικών στοιχείων την οποία πρέπει να χορηγούμε μέσω του θρεπτικού διαλύματος. Ωστόσο, η συνεχής μέτρηση της συγκέντρωσης των θρεπτικών στοιχείων στο θρεπτικό διάλυμα δεν είναι τεχνικά εφικτή με τα διαθέσιμα μετρητικά συστήματα.

Η εργασία αυτή, εκπονήθηκε στα πλαίσια του ευρωπαϊκού προγράμματος CloSys (Closed Systems for water and nutrient management in Horticulture-Contract N° QLK5-CT-2000-01301), του οποίου το πεδίο έρευνας άπτεται στην ανάπτυξη ενός έμπειρου συστήματος για την ολοκληρωμένη διαχείριση (έλεγχος- ρύθμιση) του θρεπτικού διαλύματος σε κλειστά υδροπονικά συστήματα.

Στην εργασία αυτή γίνεται μια προσπάθεια μελέτης της επίδρασης της διαπνοής στην απορρόφηση Ca^{2+} , Mg^{2+} και K^{+} από τα φυτά της καλλιέργειας, έτσι ώστε να προσδιοριστεί ένας βέλτιστος τρόπος διαχείρισης του θρεπτικού διαλύματος κατά την εφαρμογή του σε κλειστή υδροπονική καλλιέργεια τριανταφυλλιάς.

Για το σκοπό αυτό εγκαταστάθηκε καλλιέργεια τριανταφυλλιάς, ποικιλίας Iceberg, σε κλειστό υδροπονικό σύστημα με υπόστρωμα πετροβάμβακα, σε θερμοκήπιο στο αγρόκτημα του Πανεπιστημίου, στο Βελεστίνο και πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις αφορούσαν την διαπνοή των φυτών της καλλιέργειας, τις κλιματικές παραμέτρους (θερμοκρασία, ηλιακή ακτινοβολία στο εσωτερικό του θερμοκηπίου και σχετική υγρασία) και τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης του Ca^{2+} , Mg^{2+} και K^{+} του θρεπτικού διαλύματος και των διάφορων φυτικών μερών (φύλλα, βλαστός και ρίζα).

Τα αποτελέσματα έδειξαν καλή συσχέτιση μεταξύ των συγκεντρώσεων των Ca^{2+} - Mg^{2+} , Mg^{2+} - K^{+} και Ca^{2+} - K^{+} στα θρεπτικά διαλύματα. Συνεπώς γνωρίζοντας τη συγκέντρωση ενός από τα τρία κατιόντα μπορούμε να υπολογίσουμε την απαιτούμενη συγκέντρωση των άλλων δύο. Επίσης διαπιστώθηκε ότι η ποσότητα ασβεστίου η οποία απορροφάται από το φυτό είναι συνάρτηση της διαπνοής και της συγκέντρωσης του στοιχείου στο θρεπτικό διάλυμα.

Ακόμα, παρατηρήθηκε ότι αύξηση της ηλιακής ακτινοβολίας, είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση του ρυθμού διαπνοής των φυτών και συνεπώς την αύξηση της απορρόφησης ασβεστίου. Οι ποσότητες ασβεστίου που απορροφώνται από τα φύλλα και το βλαστό ήταν ανάλογες και ο λόγος τους (Ca φύλλων / Ca βλαστού) μεταβλήθηκε όταν αυξήθηκε ο ρυθμός διαπνοής. Η συσχέτιση του λόγου Ca φύλλων / Ca βλαστού με τη διαπνοή έδειξε ότι καθώς η διαπνοή αυξάνεται ο λόγος αυτός μειώνεται, όμως όπως φάνηκε, αυτό δεν οφείλεται σε αύξηση της ποσότητας ασβεστίου στο βλαστό ή μείωση της ποσότητας στα φύλλα, όπως θα ήταν αναμενόμενο. Ενδεχομένως, αυτό να προκαλείται από μετακίνηση του ασβεστίου από το βλαστό προς τα φύλλα.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	4
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο - ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΟ ΜΕΡΟΣ</u>	8
1.1.ΓΕΝΙΚΑ.....	9
1.1.1.Παραγωγή ανθοκομικών φυτών σε διεθνές επίπεδο.....	9
1.1.2.Παραγωγή ανθοκομικών φυτών στην Ελλάδα.....	9
1.2.ΤΡΙΑΝΤΑΦΥΛΛΙΑ.....	13
1.2.1.Γενικά.....	13
1.2.2.Καλλιεργητική Τεχνική.....	14
1.2.2.1.Ρύθμιση των συνθηκών του περιβάλλοντος του θερμοκηπίου για καλλιέργεια τριανταφυλλιάς.....	14
1.3.ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑ.....	16
1.3.1.Γενικά.....	16
1.3.2.Βασικοί τύποι θερμοκηπίων.....	17
1.3.3.Τύπος θερμοκηπίου για καλλιέργεια τριανταφυλλιάς.....	19
1.4.ΥΔΡΟΠΟΝΙΑ.....	21
1.4.1. Γενικά.....	21
1.4.2.Υδροπονικά συστήματα.....	23
1.4.2.1.Υποστρώματα	23
1.4.2.2.Θρεπτικό διάλυμα.	24
1.4.2.2.Α. Ηλεκτρική αγωγιμότητα θρεπτικού διαλύματος και η σημασία της στην υδροπονία.....	25
1.4.2.2.Β.Οξύτητα διαλύματος – pH και η σημασία του στην υδροπονία	26
1.4.2.3.Ανοιχτά και κλειστά υδροπονικά συστήματα.....	27
1.5. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	28
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο – ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ</u>	29
2.1.ΔΙΑΓΝΟΗ.....	30
2.1.1.Γενικά.....	30
2.1.2.Παράγοντες που επηρεάζουν την διαπνοή.....	31

2.2. ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ ΘΡΕΠΤΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ.....	33
2.2.1. Γενικά.....	33
2.2.2. Τρόποι απορρόφησης των θρεπτικών στοιχείων.....	35
2.2.3. Παράγοντες που επηρεάζουν την πρόσληψη των θρεπτικών στοιχείων από μια υδροπονική καλλιέργεια.....	36
2.2.4. Απορρόφηση κατιόντων από το φυτό.....	39
2.2.4.1. Κάλιο - K	40
2.2.4.2. Ασβέστιο - Ca	40
2.2.4.3. Μαγνήσιο - Mg	42
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο – ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ</u>	44
3.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	45
3.2. ΤΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ.....	45
3.3. ΤΟ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ.....	46
3.4. Η ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ.....	47
3.5. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ.....	48
3.6. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	49
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ-ΣΥΖΗΤΗΣΗ</u>	50
4.1. ΚΛΙΜΑΤΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ.....	51
4.1.1. Θερμοκρασία αέρα στο εσωτερικό του θερμοκηπίου.....	51
4.1.2. Ηλιακή Ακτινοβολία στο εσωτερικό του θερμοκηπίου.....	52
4.1.3. Σχετική Υγρασία στο εσωτερικό του θερμοκηπίου.....	53
4.2. ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ Ca ²⁺ , Mg ²⁺ ΚΑΙ K ⁺ ΣΤΑ ΘΡΕΠΤΙΚΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ.....	52
4.3. ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ Ca ²⁺ , Mg ²⁺ ΚΑΙ K ⁺ ΣΤΑ ΔΙΑΦΟΡΑ ΦΥΤΙΚΑ ΜΕΡΗ.....	58
4.3.1. Ασβέστιο.....	58
4.3.2. Κάλιο.....	62
4.3.3. Μαγνήσιο.....	62
<u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ</u>	64
5.1. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	65
<u>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</u>	66

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

Γενική Εισαγωγή

1.1. ΓΕΝΙΚΑ

1.1.1. Παραγωγή ανθοκομικών φυτών σε διεθνές επίπεδο

Η Ανθοκομία διεθνώς αποτελεί ένα πολύ σημαντικό παραγωγικό κλάδο της γεωργίας, ο οποίος εξελίσσεται συνεχώς τόσο σε τεχνολογικό, όσο και σε παραγωγικό επίπεδο με αποτέλεσμα την παραγωγή νέων και ποιοτικά ανώτερων προϊόντων.

Οι κυριότερες ανθοπαραγωγικές χώρες στον κόσμο είναι η Ολλανδία (η ανθαγορά του Aalsmeer είναι το βαρόμετρο των τάσεων που επικρατούν στην Ευρώπη), η Ιταλία, η Γαλλία και η Ισπανία, ενώ στη χώρα μας εισαγωγές γίνονται και από το Ισραήλ, την Κένυα, το Μαυρίκιο, την Κολομβία, το Εκουαδόρ και τη Σιγκαπούρη (Παπαδημητρίου, Μ).

Στο παγκόσμιο ανθοκομικό εμπόριο παρατηρείται μια συγκρατημένη ζήτηση, λόγω της οικονομικής ύφεσης και μια μεγάλη προσφορά που πιέζει τις τιμές προς τα κάτω. Η απελευθέρωση των διεθνών αγορών (συμφωνία GATT), αλλά και οι διμερείς συμφωνίες της Ε.Ε. με τρίτες χώρες όπως το Μαρόκο, η Κύπρος, η Αλγερία, το Ισραήλ, η Κένυα και η Ιορδανία, δημιούργησε υπερπροσφορά ανθέων ευρείας κατανάλωσης (γαρύφαλλα, τριαντάφυλλα, χρυσάνθεμα, ζέρμπερες). Έτσι η Ολλανδία και το Ισραήλ έστρεψαν την παραγωγή τους σε νέα είδη, με μεγαλύτερη τιμή πώλησης. (Σύρος και Χατζηλαζάρου, 2001).

1.1.2. Παραγωγή ανθοκομικών φυτών στην Ελλάδα

Στην Ελλάδα, η ανθοκομία άρχισε να ασκείται συστηματικά τις τρεις τελευταίες δεκαετίες. Περιοχές όπου καλλιεργούνται ανθοκομικά φυτά είναι η Αττική (η οποία καταλαμβάνει το 61,9 - 67,4% των εκτάσεων με ανθοκαλλιέργειες), η Κρήτη (10,2 - 12%), η Δυτική και Κεντρική Μακεδονία (6,1 - 8,8 %), η Πελοπόννησος και η Δυτική Στερεά (6 - 8,6%), η Θεσσαλία (2,7 - 6,9 %), η Ανατολική Μακεδονία και Θράκη (1,2-2%) και η Ήπειρος (0,4-1,5%) (Παπαδάκης, 2000).

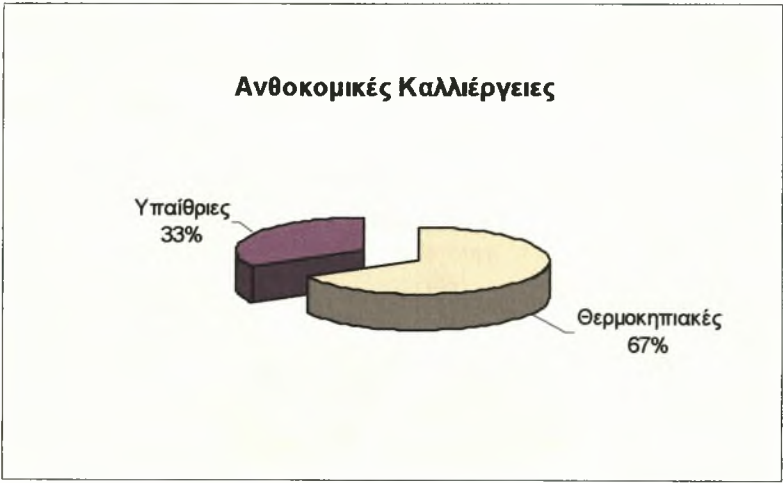
Οι ανθοκομικές καλλιέργειες αποτελούν το 0,03% του συνόλου των καλλιεργούμενων εκτάσεων της χώρας, καταλαμβάνοντας έκταση 9.787 στρεμμάτων επί του συνόλου των 35.000.000 καλλιεργούμενων στρεμμάτων, όπως φαίνεται στον Πίνακα1(Υπουργείο Γεωργίας) και μπορούν να είναι είτε υπαίθριες, σε περιοχές με

ευνοϊκό κλίμα, είτε υπό κάλυψη σε όλη την επικράτεια χωρίς κλιματολογικούς φραγμούς και εποχιακούς περιορισμούς.

Πίνακας 1.1. Εκτάσεις καλλιεργούμενες με ανθοκομικά είδη κατά την περίοδο 1969-1998.

Έκταση (στρέμματα)								
Μορφή καλλιέργειας	1969	1977	1980	1988	1992	1996	1997	1998
Υπαίθρου	3.5208	6.800	8.1758	5.549	5.7610	5.530	5.4300	6.237
Θερμοκηπίου	0.2300	1.200	1.6520	2.685	3.2718	3.410	3.5008	3.550
Σύνολο	3.7508	8.000	9.8278	8.234	9.0328	8.940	8.9308	9.787

Όπως φαίνεται στον Πίνακα 1.1, την τελευταία εικοσαετία, οι υπό κάλυψη καλλιέργειες ανθοκομικών φυτών παρουσίασαν μια αλματώδη αύξηση ενώ παράλληλα οι παραδοσιακές υπαίθριες καλλιέργειες παρουσίασαν υποχώρηση της τάξεως του 30%. Συγκεκριμένα, όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 1.1, το 1998 τα ανθοκομικά φυτά καλλιεργούνταν σε υπαίθρια καλλιέργεια σε ποσοστό 33%, ενώ οι θερμοκηπιακές καλλιέργειες ανθοκομικών φυτών έφταναν σε ποσοστό το 67%. (Υπουργείο Γεωργίας) .



Διάγραμμα 1.1. Κατανομή ανθοκομικών καλλιεργειών σε θερμοκηπιακές και υπαίθριες.

Στην Ελλάδα, τα καλλιεργούμενα ανθοκομικά είδη είναι:

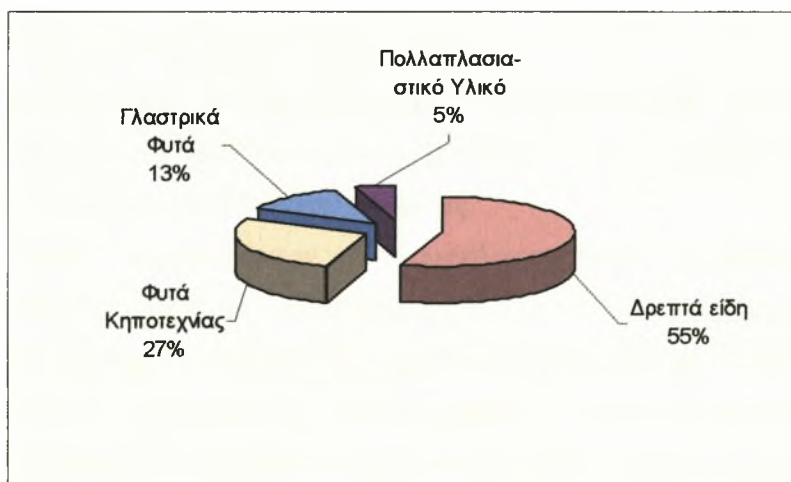
1. Για καλλιέργειες υπό κάλυψη:

- α) Δρεπτά άνθη:** Γαρύφαλλα, τριαντάφυλλα, χρυσάνθεμα, ζέρμπερα, στρελίζια, ορχιδέα, βολβοειδή κλπ.
- β) Φυτά Φυλλώματος:** Όλα τα καλλωπιστικά είδη φυλλωμάτων, π.χ. κρότωνα, φίκος, πόθος κ.α.
- γ) Γλαστρικά:** Γαρδένια, αζαλέα, ορτανσία, κυκλάμινο, φυτά φυλλώματος κλπ.
- δ) Πολλαπλασιαστικό υλικό** (για όλα τα είδη που έχουν ζήτηση στην αγορά).

2. Για υπαίθριες καλλιέργειες (σε τοποθεσίες με ήπιο κλίμα κατά την εποχή της καλλιέργειας και για παραγωγή από τον Οκτώβριο μέχρι τον Απρίλιο):

- α) Δρεπτά άνθη:** Γαρύφαλλα, βολβοειδή κλπ.
- β) Φυτά Φυλλώματος :** Όλα τα καλλωπιστικά είδη φυλλωμάτων.
- γ) Γλαστρικά:** Γαρδένια, Καμέλια κλπ.
- δ) Φυτά κηποτεχνίας.**

Από το σύνολο των εκτάσεων που καλλιεργούνται με ανθοκομικά φυτά, την πρώτη θέση κατέχουν τα δρεπτά είδη με ποσοστό 55%. Ακολουθούν οι εκτάσεις φυτών κηποτεχνίας με ποσοστό 27%, τα γλαστρικά φυτά με ποσοστό 13% και το πολλαπλασιαστικό υλικό με ποσοστό 5%, όπως φαίνεται και στο Διάγραμμα 1.2 (Παπαδημητρίου, Μ, 1999) .



Διάγραμμα 1.2. Εκτάσεις όπου καλλιεργούνται ανθοκομικά φυτά (%).

Από τα δρεπτά άνθη το γαρίφαλο καταλαμβάνει την πρώτη θέση με 1800 στρ. και ακολουθούν ο γλαδίολος με 1500 στρ. και το τριαντάφυλλο με 700 στρ. από τα οποία τα 597 στρ. είναι θερμοκηπιακή καλλιέργεια (Σύγχρονα θερμοκήπια 2000).

Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται αύξηση στην παραγωγή τριαντάφυλλου και μείωση στην παραγωγή γαριφάλου. Πιο συγκεκριμένα, όσον αφορά την παραγωγή των δρεπτών ανθέων, τα τριαντάφυλλα θερμοκηπίου αυξήθηκαν κατά 28,6%, γεγονός που οφείλεται στην αύξηση των καλλιεργούμενων εκτάσεων κατά 22,6% και στην αύξηση των στρεμματικών αποδόσεων κατά 6%. Γενικότερα, παρατηρείται σχετική αντάρκεια σε δρεπτά άνθη τριαντάφυλλου, γαριφάλου και χρυσάνθεμου.

Η ετήσια αξία των παραγόμενων ανθοκομικών προϊόντων στη χώρα μας είναι περίπου 88 εκατομμύρια €. Οι ετήσιες εξαγωγές είναι 3 εκατομμύρια € και οι ετήσιες εισαγωγές υπερβαίνουν τα 20,5 εκατομμύρια €. Ένα μέρος των ετήσιων εισαγωγών (πάνω από 4,5 εκατομμύρια €) αφορά πολλαπλασιαστικό υλικό και αποτελεί το 3,17% της αξίας της ετήσιας φυτικής παραγωγής (Σύρος και Χατζηλαζάρου, 2001) .

Η καλλιέργεια νέων ποικιλιών δρεπτών ανθέων με βελτιωμένα ποιοτικά χαρακτηριστικά καθώς και η βελτίωση της καλλιεργητικής τεχνικής και του εξοπλισμού των θερμοκηπίων είχαν ως αποτέλεσμα την παραγωγή ανθέων εξαιρετικής ποιότητας και τη δημιουργία ενός σοβαρού εξαγωγικού ρεύματος (κυρίως γαριφάλων και τριαντάφυλλων) τόσο εντός όσο και εκτός της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Οι εξαγωγές των ελληνικών ανθοκομικών προϊόντων αν και εμφανίζουν μια μικρή αυξητική τάση τα τελευταία χρόνια είναι πολύ χαμηλές, αφού η αξία τους αντιστοιχεί μόλις στο 10 % της αξίας των εισαγωγών.

Ο ετήσιος τζίρος από την εμπορία των ανθοκομικών προϊόντων στην Ελλάδα ξεπερνά τα 300 εκατ. €, από τα οποία το 70 % προέρχεται από την ελληνική παραγωγή και το υπόλοιπο 30 % από τις εισαγωγές .

Τα παραπάνω στοιχεία δείχνουν την δυναμική των ανθοκομικών καλλιεργειών και τα περιθώρια άυξησης της παραγωγής που ο κλάδος έχει. Η επιχειρηματική ανθοκομία, και ιδιαίτερα η θερμοκηπιακή μορφή της, είναι από τις εντατικότερες μορφές γεωργικών εκμεταλλεύσεων, απαιτεί υψηλές επενδύσεις σε κεφάλαια, τεχνολογικό εξοπλισμό και τεχνογνωσία, έχει υψηλές καλλιεργητικές δαπάνες αλλά και υψηλή στρεμματική πρόσοδο αφού συμμετέχει στο 3% της αξίας της φυτικής παραγωγής ενώ καλύπτει μόνο το 0,02% της καλλιεργούμενης γεωργικής γης και

επομένως μπορεί να αποφέρει ένα πολύ ικανοποιητικό εισόδημα στον παραγωγό χωρίς να απαιτεί μεγάλες εκτάσεις. Για το λόγο αυτό πρέπει να δίδεται ιδιαίτερη βαρύτητα στο είδος, την ποιότητα και την αναγκαιότητα των πραγματοποιούμενων επενδύσεων ώστε να βελτιώνουν την ποσότητα και ποιότητα των ανθέων χωρίς να επιβαρύνουν υπερβολικά το κόστος παραγωγής. Εξ άλλου σήμερα έχουν κάνει την εμφάνιση τους νέες τεχνολογίες και υιοθετούνται νέες μέθοδοι διαχείρισης της παραγωγής φιλικότερες στο περιβάλλον που στοχεύουν στη βελτίωση της ποιότητας του τελικού προϊόντος, για να αντιμετωπιστεί καλύτερα ο έντονος ανταγωνισμός στην αγορά (Παπαδημητρίου, Μ., 1999) .

1.2. ΤΡΙΑΝΤΑΦΥΛΛΙΑ

1.2.1. Γενικά

Η τριανταφυλλιά είναι ένα από τα πιο εμπορεύσιμα είδη παγκοσμίως. Χρησιμοποιείται ως φυτό κηποτεχνίας και αρχιτεκτονικής τοπίου αλλά και για την παραγωγή δρεπτών ανθέων. Ευρεία επίσης είναι η χρήση της στην φαρμακευτική και στην αρωματοποιία (ροδέλαιο).

Σήμερα η τριανταφυλλιά αποτελεί το πλέον διαδεδομένο καλλιεργούμενο καλλωπιστικό φυτό για παραγωγή δρεπτών ανθέων στον κόσμο και μια από τις κυριότερες θερμοκηπιακές καλλιέργειες στην χώρα μας. Όπως προαναφέρθηκε η Ελλάδα είναι αυτάρκης σε δρεπτά άνθη τριαντάφυλλου, του οποίου η συνολική παραγωγή κατέχει την 2^η θέση (12,7%). Επίσης, η τριανταφυλλιά καταλαμβάνει την πρώτη θέση όσον αφορά την καλλιεργούμενη έκταση ανάμεσα σε όλα τα καλλωπιστικά φυτά που καλλιεργούνται για παραγωγή δρεπτών ανθέων στο θερμοκήπιο. Το 1998, η παραγωγή τριανταφύλλων έφτασε τα 100.000.000 τεμάχια (Σάββας Δ. και συνεργάτες, 2001) .

Οι χώρες με την μεγαλύτερη παραγωγή τριαντάφυλλου στον κόσμο είναι η Ολλανδία, Αμερική και η Ιταλία. Το μεγαλύτερο μέρος της παγκόσμιας παραγωγής προέρχεται από θερμοκηπιακές καλλιέργειες.

1.2.2. Καλλιεργητική Τεχνική

Η τριανταφυλλιά είναι φυτό συνεχούς άνθησης, δηλαδή, σε συνθήκες υπαίθρου, παράγει άνθη καθ' όλη τη διάρκεια της θερμής περιόδου του έτους (από τα μέσα ή το τέλος της άνοιξης μέχρι το φθινόπωρο και αρχές του χειμώνα).

Η καλλιέργεια τριαντάφυλλου μπορεί να γίνει υπαίθρια αλλά και υπό κάλυψη, είτε στο έδαφος του θερμοκηπίου είτε σε υδροπονικές καλλιέργειες. Η καλλιέργεια υπό κάλυψη επιτρέπει την παραγωγή λουλουδιών τριανταφυλλιάς κατά την ψυχρή εποχή του έτους (χειμώνα έως αρχές της άνοιξης), καλύπτοντας έτσι την αυξημένη ζήτηση που παρουσιάζεται κατά την περίοδο των εορτών (Σάββας Δ. και συνεργάτες, 2001).

Η καλλιεργητική τεχνική της τριανταφυλλιάς στο θερμοκήπιο περιλαμβάνει την ρύθμιση των συνθηκών του περιβάλλοντος του θερμοκηπίου (θερμοκρασία, ατμοσφαιρική υγρασία, διάρκεια του φωτισμού κ.α.), την άρδευση, την επιφανειακή λίπανση, το κλάδεμα, την υποστύλωση, την φυτοπροστασία και την συγκομιδή, σύμφωνα πάντα με τις απαιτήσεις της κάθε καλλιεργούμενης ποικιλίας.

1.2.2.1. Ρύθμιση των συνθηκών του περιβάλλοντος του θερμοκηπίου για καλλιέργεια τριανταφυλλιάς

Θερμοκρασία

Κατά τους ψυχρούς μήνες του έτους, η ελάχιστη θερμοκρασία του αέρα στο εσωτερικό του θερμοκηπίου κατά τη διάρκεια της ημέρας θα πρέπει να κυμαίνεται από 16 °C έως 24 °C, με βέλτιστη τιμή τους 18-19 °C. Η ελάχιστη νυχτερινή θερμοκρασία θα πρέπει να μην πέφτει κάτω από 14 °C ενώ η θερμοκρασία εδάφους θα πρέπει να διατηρείται σε επίπεδα πάνω από 13-14 °C.

Κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, θα πρέπει να λαμβάνονται μέτρα (αερισμός, σκίαση, συστήματα δροσισμού) ώστε η θερμοκρασία του αέρα στο θερμοκήπιο να μην ξεπερνά τους 27-30 °C.

Σχετική υγρασία

Η σχετική υγρασία (Σ.Υ.) της ατμόσφαιρας του θερμοκηπίου στις καλλιέργειες τριανταφυλλιάς υπό κάλυψη θα πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 60-90%.

Φωτισμός

Όσον αφορά τον φωτισμό, η τριανταφυλλιά είναι ένα ουδέτερο στη φωτοπερίοδο φυτό. Γι' αυτό μπορεί να καλλιεργηθεί και να ανθίσει όλο το χρόνο, ανεξάρτητα από το μήκος της ημέρας. Είναι όμως σημαντικό για το φυτό να δέχεται επαρκή φωτισμό, δεδομένου ότι η τριανταφυλλιά είναι ένα σχετικά φωτοαπαιτητικό φυτό και μικρή ένταση φωτός ελαττώνει σημαντικά την συνολική αφομοιωτική ικανότητά της μέσω της φωτοσύνθεσης και την παραγωγή της καλλιέργειας. Αντίθετα έντονος φωτισμός σε συνδυασμό με υψηλές θερμοκρασίες είναι δυνατό να οδηγήσει στην παραγωγή κατώτερης ποιότητας (κοντά στελέχη) ή μη εμπορεύσιμων λουλουδιών (μαύρισμα πετάλων στις έγχρωμες ποικιλίες).

Ανθρακολίπανση

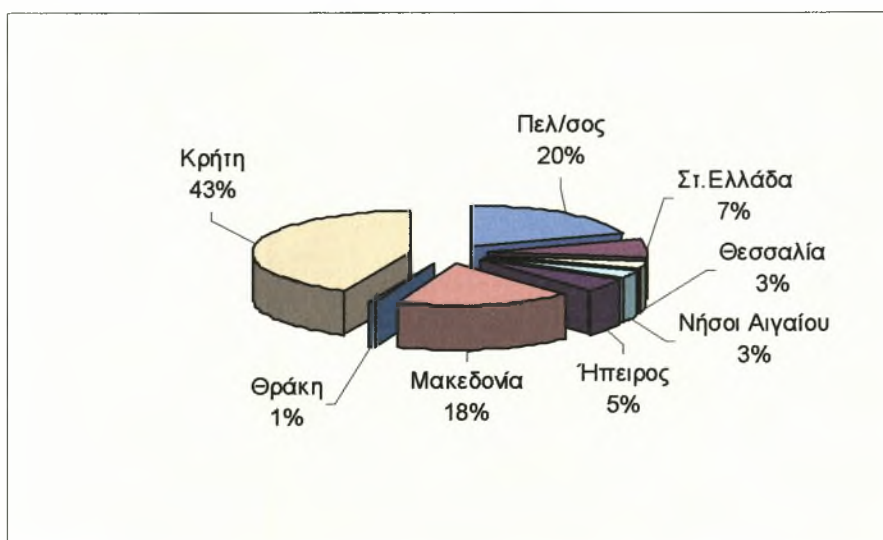
Στα θερμοκήπια τριανταφυλλιάς η συγκέντρωση CO₂, η οποία χορηγείται με την ανθρακολίπανση, κυμαίνεται μεταξύ 1000-1500 ppm. Στην Ελλάδα, ανθρακολίπανση μπορεί να εφαρμοστεί μόνο τον χειμώνα, και πιο συγκεκριμένα από τον Νοέμβριο μέχρι τον Μάρτιο δεδομένου ότι τον υπόλοιπο χρόνο η ανάγκη αερισμού είναι συνεχής και επομένως είναι δύσκολο και δαπανηρό να διατηρηθούν συγκεντρώσεις CO₂ υψηλότερες από αυτές του εξωτερικού ατμοσφαιρικού αέρα (Σάββας Δ. και συνεργάτες, 2001) .

1.3 ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑ

1.3.1.Γενικά

Τα θερμοκήπια έκαναν την εμφάνισή τους στην Ελλάδα στα μέσα της δεκαετίας του 1950. Η σημαντική όμως εξάπλωσή τους αρχίζει μετά το 1960 με τη χρήση των πλαστικών φύλλων ως υλικών κάλυψής τους και έκτοτε παρατηρείται μια συνεχής αύξηση της έκτασης των θερμοκηπίων που σήμερα φτάνει τα 50000 στρέμματα περίπου. Στο 90% από αυτά καλλιεργούνται κηπευτικά (κυρίως τομάτα και αγγούρι) ενώ στο 10% ανθοκομικά είδη (γλαστρικά φυτά, γαρύφαλλα, τριαντάφυλλα).

Οι κλιματολογικές συνθήκες αποτελούν τον καθοριστικό παράγοντα εξάπλωσης και ανάπτυξης των θερμοκηπίων. Τα περισσότερα θερμοκήπια είναι συγκεντρωμένα στις περιοχές που χαρακτηρίζονται από ήπιο χειμώνα επειδή μειώνονται σημαντικά οι ανάγκες για θέρμανση. Η κατανομή της έκτασης των πλαστικών θερμοκηπίων ανά γεωγραφικό διαμέρισμα, για το έτος 1998, φαίνεται στο Διάγραμμα 1.3 (Τσιρογιάννης, 1996).



Διάγραμμα 1.3. Κατανομή θερμοκηπίων ανά γεωγραφικό διαμέρισμα.

1.3.2. Βασικοί τύποι θερμοκηπίων

Τα θερμοκήπια διαφέρουν μεταξύ τους, από κατασκευαστικής πλευράς, στο σχήμα και στις διαστάσεις της βασικής τους μονάδας, καθώς και στα χρησιμοποιούμενα υλικά σκελετού και κάλυψης.

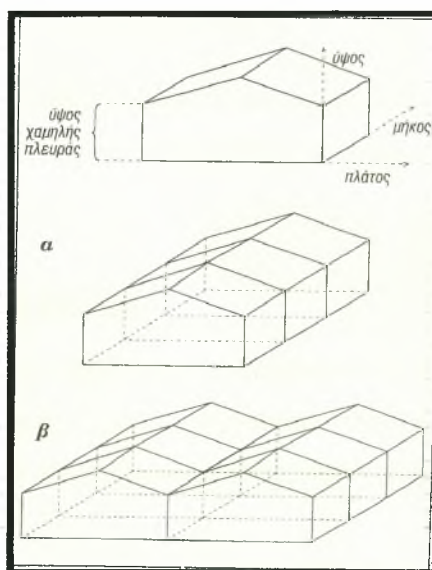
Η βασική κατασκευαστική μονάδα ενός θερμοκηπίου είναι το μικρότερο πλήρες τμήμα του, το οποίο επαναλαμβανόμενο κατά μήκος και κατά πλάτος σχηματίζει το σύνολο του θερμοκηπίου.

Ανάλογα με το σχήμα τους, τα θερμοκήπια διακρίνονται στους εξής τύπους:

ΑΜΦΙΡΡΙΚΤΟ

Ο τύπος αυτός έχει το σχήμα που φαίνεται στο Σχήμα 1.1. Πρόκειται για θερμοκήπιο πολυγωνικής διατομής με τριγωνικό το επάνω μέρος και κατακόρυφα τοιχώματα. Οι συνηθέστερες διαστάσεις του στην Ελλάδα είναι: άνοιγμα 5 m, ύψος τοίχων 2,5 m και κλίση στέγης 15-25 μοίρες.

Η κάλυψή τους συνήθως είναι από γυαλί, P.V.C., ή fiberglass. Είναι θερμοκήπια υψηλής επένδυσης που μπορούν να δεχθούν πολλά συστήματα αυτοματισμών και χρησιμοποιούνται για την καλλιέργεια πολλών ειδών ανθοκομικών και λαχανοκομικών φυτών.



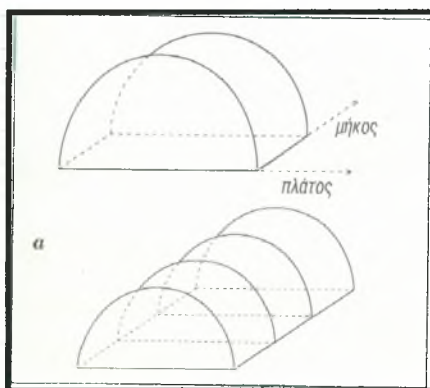
Σχήμα 1.1.: α. Αμφίρρικτο απλό και β. Αμφίρρικτο πολλαπλό θερμοκήπιο

ΤΟΞΩΤΟ

Ο τύπος αυτός έχει το σχήμα που φαίνεται στο Σχήμα 1.2. Πρόκειται για θερμοκήπιο που η απλή κατασκευαστική του μονάδα καθορίζεται από δύο συνεχόμενα τόξα, είναι τοξωτής διατομής και οι συνηθέστερες διαστάσεις του στην Ελλάδα είναι άνοιγμα τόξου 6,5 m και ύψος κορφιά 3,5 m.

Καλύπτονται συνήθως με πλαστικό, δεν έχουν σύστημα δροσισμού ενώ για αερισμό χρησιμοποιούνται τα πλαϊνά παράθυρα. Για την θέρμανσή τους χρησιμοποιούνται σωλήνες θέρμανσης οι οποίοι είναι είτε αναρτημένοι είτε επιδαπέδιοι.

Σε τοξωτά θερμοκήπια καλλιεργούνται χαμηλές και μικρές καλλιέργειες. Δεν χρησιμοποιούνται πολύ παρά μόνο για καλλιέργειες χαμηλών αποδόσεων ή σε περιοχές με ευνοϊκές κλιματικές συνθήκες, στις οποίες δεν απαιτείται χρήση αυτοματισμών και μεγάλου εξοπλισμού των θερμοκηπίων.



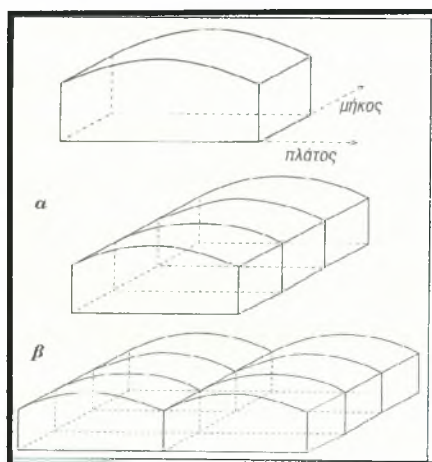
Σχήμα 1.2. : α Τοξωτό απλό και β. Τοξωτό πολλαπλό θερμοκήπιο

ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΜΕΝΟ ΤΟΞΩΤΟ

Ο τύπος αυτός έχει το σχήμα που φαίνεται στο Σχήμα 1.3. Πρόκειται για θερμοκήπιο τοξωτής διατομής με κατακόρυφα τοιχώματα. Οι συνηθέστερες διαστάσεις του στην Ελλάδα είναι: άνοιγμα 5-9 m, ύψος τοιχωμάτων 2,5 m και ύψος 3-3,5 m.

Στα τροποποιημένα τοξωτά θερμοκήπια οι κάθετες πλευρές και οι μετώπες κατασκευάζονται από σκληρό πλαστικό ή γυαλί. Η θέρμανσή τους γίνεται με επιδαπέδιους ή αναρτημένους σωλήνες. Τα συστήματα ψύξης που χρησιμοποιούνται

είναι PAD, fog system, πλαϊνά παράθυρα και παράθυρα οροφής (Θερμοκήπια, Γεωργία και Κτηνοτροφία, Τεύχος 2/1999) .



Σχήμα 1.3 : α. Τροποποιημένο τοξωτό απλό και β. Τροποποιημένο τοξωτό πολλαπλό θερμοκήπιο

1.3.3. Τύπος θερμοκηπίου για καλλιέργεια τριανταφυλλιάς

Καταλληλότεροι τύποι θερμοκηπίου για την καλλιέργεια της τριανταφυλλιάς είναι τα αμφίρρικτα και τα τροποποιημένα τοξωτά γιατί είναι κατασκευές με μεγάλο ύψος, παρέχουν άπλετο φως, επαρκή αερισμό στα φυτά και επιδέχονται την εγκατάσταση πολλών αυτοματισμών.

Γενικότερα, όταν πρόκειται για καλλιέργεια λαχανικών ή ανθέων υπό κάλυψη, συνιστάται η κατασκευή μεγάλων θερμοκηπιακών μονάδων αποτελούμενων από διαδοχικά διαμερίσματα. Ισχύει ο γενικός κανόνας ότι κάθε βασική κατασκευαστική μονάδα του θερμοκηπίου πρέπει να έχει πλάτος μεγαλύτερο από 5 m. Το πιο συνηθισμένο πλάτος βασικής κατασκευαστικής μονάδας στα σύγχρονα θερμοκήπια είναι τα 6,40 m (τύπος Venlo Ολλανδίας).

Σημαντικό είναι επίσης και το ύψος του θερμοκηπίου, δεδομένου ότι όσο πιο ψηλό είναι ένα θερμοκήπιο τόσο μεγαλύτερος είναι ο όγκος αέρα που αντιστοιχεί στην μονάδα της επιφάνειάς του, με συνέπεια να παρουσιάζει μεγαλύτερη “αδράνεια” στις θερμοκρασιακές μεταβολές που συμβαίνουν εκτός θερμοκηπίου. Τα ψηλά θερμοκήπια αργούν βέβαια να θερμανθούν αλλά διατηρούν τη θερμοκρασία που

απέκτησαν για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα. Γι' αυτό το λόγο είναι κατάλληλα για τις περιοχές όπου οι ημέρες με μεγάλη ηλιοφάνεια ακολουθούνται από ιδιαίτερα ψυχρές νύκτες.

Εκτός όμως από την καλύτερη θέρμανση, τα ψηλά θερμοκήπια πλεονεκτούν και όσον αφορά την τροφοδότηση των φυτών με διοξείδιο του άνθρακα όταν δεν εφαρμόζεται τεχνητά ανθρακολίπανση. Το πλεονέκτημα αυτό αφορά κυρίως τις ημέρες του χειμώνα που επικρατεί ικανοποιητική ηλιοφάνεια αλλά η θερμοκρασία είναι σχετικά χαμηλή οπότε τα παράθυρα του θερμοκηπίου δεν ανοίγουν. Στις περιπτώσεις αυτές λόγω της έντονης φωτοσυνθετικής δραστηριότητας των φυτών η συγκέντρωση CO₂ μέσα στο θερμοκήπιο μειώνεται σημαντικά αφού ο αέρας δεν ανανεώνεται. Στα ψηλά θερμοκήπια όμως, λόγω του μεγαλύτερου όγκου αέρα ανά μονάδα φυλλικής επιφάνειας η μείωση της συγκέντρωσης CO₂ γίνεται με βραδύτερο ρυθμό και επομένως είναι λιγότερο έντονη. Σαν γενικός εμπειρικός κανόνας συνιστάται μία αναλογία 2,5-3 m³ όγκου θερμοκηπίου ανά μονάδα επιφάνειας του καλυπτόμενου εδάφους.

Η κλίση της οροφής πρέπει να είναι τέτοια, ώστε να γλιστρούν και να απομακρύνονται εύκολα το χιόνι, το νερό βροχής κ.λ.π. από πάνω της, να διευκολύνεται η απομάκρυνση του νερού που δημιουργείται από τη συμπύκνωση των υδρατμών στην εσωτερική επιφάνεια του υλικού κάλυψης και να διέρχεται όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ποσότητα ηλιακής ακτινοβολίας μέσω του υλικού καλύψεως. Η συνήθης κλίση οροφής είναι μεταξύ 20-30° ενώ η ευρύτερα χρησιμοποιούμενη από τους κατασκευαστές θερμοκηπίων γωνία είναι οι 22° (Σάββας Δ. και συνεργάτες, 2001).

1.4.ΥΔΡΟΠΟΝΙΑ

1.4.1. Γενικά

Η συνεχής χρήση του εδάφους σε εντατική μορφή και με το ίδιο είδος φυτού μπορεί να οδηγήσει σε παθογενείς καταστάσεις, έλλειψη των περισσότερων από τα αναγκαία θρεπτικά στοιχεία καθώς και σε προβλήματα αλατότητας και συμπίεσης του εδάφους κ.α. Για την αντιμετώπιση αυτών των προβλημάτων καθιερώθηκαν δαπανηρές και επιβλαβείς για το περιβάλλον απολυμάνσεις του εδάφους και υδρολιπάνσεις.

Ταυτόχρονα, οι συνεχώς αυξανόμενες απαιτήσεις της αγοράς για παραγωγή ποιοτικών προϊόντων οδήγησαν στην αύξηση του κόστους παραγωγής και στη βαθμιαία μείωση του κέρδους για τον παραγωγό.

Για το σκοπό αυτό, κρίνεται επιτακτική η εφαρμογή σύγχρονων τεχνολογιών και καλλιεργητικών μεθόδων, που αποσκοπούν στην παραγωγή ποιοτικών προϊόντων, στην ελαχιστοποίηση του κόστους παραγωγής και στην προστασία του περιβάλλοντος. Στον ανοιχτό αγρό έχουν αναπτυχθεί διάφορες μέθοδοι για την εξοικονόμηση νερού κατά την άρδευση των καλλιεργειών (Σακελλαρίου και συνεργάτες, 2001). Μια σύγχρονη καλλιεργητική τεχνική που εφαρμόζεται στις θερμοκηπιακές καλλιέργειες, για την παραγωγή ποιοτικών προϊόντων, μειώνοντας το κόστος παραγωγής είναι η υδροπονία.

Με τον όρο υδροπονία χαρακτηρίζουμε την μέθοδο καλλιέργειας φυτών χωρίς χρησιμοποίηση εδάφους ή εδαφικών μειγμάτων. Τα φυτά αναπτύσσονται σε τεχνητά ή φυσικά υποστρώματα, τα οποία έχουν κατάλληλες φυσικές και χημικές ιδιότητες ώστε να διατηρούν πολύ καλή αναλογία νερού και αέρα στο περιβάλλον ανάπτυξης του ριζικού συστήματος ενώ η θρέψη των φυτών γίνεται με κατάλληλο θρεπτικό διάλυμα, ικανό να καλύψει τις ανάγκες των φυτών σε θρεπτικά στοιχεία. Σε πολλές περιπτώσεις είναι δυνατή η καλλιέργεια των φυτών μόνο με τη χρήση του θρεπτικού διαλύματος, χωρίς την παρουσία υποστρώματος.

Τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα που παρουσιάζει η υδροπονική καλλιέργεια είναι τα εξής:

1. Αποτελεί αποτελεσματική λύση όταν η γονιμότητα του εδάφους του θερμοκηπίου είναι χαμηλή.

2. Με την αυτοματοποίηση της λίπανσης και της άρδευσης επιτυγχάνεται ο καλύτερος έλεγχος της θρέψης και όλα τα θρεπτικά στοιχεία παρέχονται σε συγκεκριμένες συγκεντρώσεις και αναλογίες μεταξύ τους. Το θρεπτικό διάλυμα μπορεί να διορθώνεται εύκολα και γρήγορα σε περίπτωση λάθους.
3. Υπάρχει μικρότερη πιθανότητα εμφάνισης ασθενειών του ριζικού συστήματος των φυτών και αποφεύγεται η χρήση χημικών απολυμαντικών σκευασμάτων που χαρακτηρίζονται από υψηλή τοξικότητα.
4. Επιτυγχάνεται πρωίμηση των καλλιεργειών, αυξάνεται η απόδοση και η παραγωγή προϊόντων καλύτερης ποιότητας .
5. Σε περιπτώσεις υψηλής αλατότητας του νερού άρδευσης η καλλιέργεια σε ανοιχτά υδροπονικά συστήματα αποτελεί την αποτελεσματικότερη αντιμετώπιση του προβλήματος.
6. Στα κλειστά υδροπονικά συστήματα, η συνεχής ανακύκλωση του θρεπτικού διαλύματος συντελεί στην εξοικονόμηση νερού και λιπασμάτων και στον περιορισμό της μόλυνσης του περιβάλλοντος (Savvas et al, 2001).

Αντιθέτως, τα κυριότερα μειονεκτήματα που παρουσιάζει η υδροπονική καλλιέργεια είναι τα εξής:

1. Υψηλό κόστος αρχικής εγκατάστασης.
2. Η εμφάνιση των δυσμενών επιδράσεων ενός λανθασμένου χειρισμού γίνεται πιο γρήγορα και με μεγάλη ένταση.
3. Προϋποθέτει την ύπαρξη εξειδικευμένου προσωπικού και την εκπαίδευση των παραγωγών για την σωστή εφαρμογή της τεχνικής.
4. Στα κλειστά υδροπονικά συστήματα υπάρχει κίνδυνος εύκολης εξάπλωσης μίας μόλυνσης μέσω του ανακυκλούμενου θρεπτικού διαλύματος εφόσον προσβληθεί ένα φυτό.
5. Στα ανοιχτά υδροπονικά συστήματα η κατανάλωση λιπασμάτων είναι αυξημένη και υπάρχει ο κίνδυνος της μόλυνσης του περιβάλλοντος (Savvas et al, 2001).

1.4.2. Υδροπονικά συστήματα

Ένα ολοκληρωμένο υδροπονικό σύστημα αποτελείται από:

- 1) Το σύστημα παρασκευής και ελέγχου του θρεπτικού διαλύματος που τροφοδοτεί την καλλιέργεια
- 2) Το σύστημα άρδευσης.
- 3) Το υπόστρωμα και το σύστημα στήριξης της καλλιέργειας.
- 4) Το σύστημα απολύμανσης του θρεπτικού διαλύματος.

1.4.2.1. Υποστρώματα

Ως υπόστρωμα στην υδροπονία θεωρούμε το μέσο στο οποίο αναπτύσσεται το ριζικό σύστημα των φυτών και εξασφαλίζει την στήριξή τους και την συγκράτηση μιας ποσότητας θρεπτικού διαλύματος και οξυγόνου απαραίτητη για την διαμόρφωση κατάλληλου περιβάλλοντος ριζοβολίας.

Για να είναι σε θέση ένα υπόστρωμα να επιτελεί με τον καλύτερο τρόπο τον ρόλο για τον οποίο προορίζεται θα πρέπει να έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

- ✓ Μηδενική ή ελάχιστη εναλλακτική ικανότητα, χημική αδράνεια, σταθερή δομή, κατάλληλο pH και μικρή περιεκτικότητα σε άλατα.
- ✓ Ικανοποιητική αναλογία νερού και αέρα στην κατάσταση της υδατοϊκανότητας
- ✓ Ομοιομορφία στην σύσταση, στην εμφάνιση και στην συμπεριφορά από άποψη θρέψης.
- ✓ Μεγάλη ικανότητα συγκράτησης νερού.
- ✓ Να επιτρέπει την ομαλή κυκλοφορία του θρεπτικού διαλύματος.
- ✓ Να είναι απαλλαγμένο από παθογόνα, ζωικούς εχθρούς και σπόρους ζιζανίων
- ✓ Να είναι εύκολο στη χρήση του και γενικά στους καλλιεργητικούς χειρισμούς
- ✓ Να μην πληγώνει τις ρίζες των φυτών (Savvas et al, 2001) .

Τα συνηθέστερα υλικά που χρησιμοποιούνται ως υπόστρωμα μπορεί να είναι απολύτως αδρανή (περλίτης, βερμικουλίτης, πετροβάμβακας, ελαφρόπετρα, κρυσταλλική άμμος, χαλίκι) ή οργανικά υλικά (τύρφη, φλοιός) (Κίττας, 2002) .

1.4.2.2.Θρεπτικό Διάλυμα

Στην υδροπονία ως θρεπτικό διάλυμα θεωρούμε το υδατικό διάλυμα που περιέχει με την μορφή ιόντων όλα εκείνα τα θρεπτικά στοιχεία που είναι απαραίτητα για τη σωστή θρέψη των φυτών. Για να προστεθούν τα θρεπτικά στοιχεία στο διάλυμα χρησιμοποιούνται κυρίως απλά υδατοδιαλυτά άλατα καθώς επίσης και ορισμένα οξέα, ενώ ειδικά ο σίδηρος χορηγείται σε μορφή οργανομεταλλικών συμπλόκων (χηλικές ενώσεις σιδήρου).

Ο βασικότερος στόχος σε μια υδροπονική καλλιέργεια είναι η διαχείριση του θρεπτικού διαλύματος με τέτοιο τρόπο ώστε να επιτυγχάνεται η βέλτιστη θρέψη των φυτών και να αποτρέπεται η συσσώρευση αλάτων στο θρεπτικό διάλυμα καθώς και στο υποστρώμα στο οποίο αναπτύσσεται η καλλιέργεια. Για τη σωστή θρέψη των φυτών πρέπει να γνωρίζουμε ποια είναι η συγκέντρωση των στοιχείων στο θρεπτικό διάλυμα.

Η μεταβολή της σύνθεσης του θρεπτικού διαλύματος κατά την εφαρμογή του στην καλλιέργεια μπορεί να οφείλεται:

- Στην απορρόφηση των θρεπτικών στοιχείων από τα φυτά.
- Στις αντιδράσεις μεταξύ των στοιχείων (σχηματισμός σύμπλοκων αλάτων, ιζημάτων)
- Στην επίδραση των παραγόντων του κλίματος (ηλιακή ακτινοβολία, θερμοκρασία διαλύματος) στην συγκέντρωση του θρεπτικού διαλύματος.

Η θερμοκρασία του θρεπτικού διαλύματος αποτελεί σημαντικό παράγοντα για την αποφυγή θερμικού stress της ρίζας των φυτών. Γενικά θεωρείται ότι η θερμοκρασία του διαλύματος πρέπει να συμφωνεί με την μέση θερμοκρασία του αέρα, η οποία είναι ικανοποιητική όταν δεν κυμαίνεται κάτω από 20 °C. Επιθυμητό είναι η θερμοκρασία του διαλύματος να είναι ίση με του υποστρώματος (Αναστασίου, 1999).

Η ορθολογική διαχείριση του θρεπτικού διαλύματος σε ένα υδροπονικό σύστημα αποβλέπει στην επαρκή τροφοδοσία της καλλιέργειας με θρεπτικό διάλυμα, και στη διατήρηση των επιθυμητών χαρακτηριστικών (pH, EC, σωστή αναλογία ιόντων) του θρεπτικού διαλύματος, για όσο το δυνατόν μεγαλύτερο χρονικό διάστημα. Ο έλεγχος του θρεπτικού διαλύματος γίνεται με μέτρηση και διόρθωση του pH με προσθήκη HNO₃ και της ηλεκτρικής αγωγιμότητάς (EC) του και με προσθήκη νερού ή νέου θρεπτικού διαλύματος.

1.4.2.2.A. Ηλεκτρική αγωγιμότητα θρεπτικού διαλύματος και η σημασία της στην υδροπονία

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα (Electrical Conductivity=EC) σαν φυσικό μέγεθος είναι το αντίστροφο της ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης ενός υλικού, έχει δηλαδή διαστάσεις ηλεκτρικής αντίστασης ανά μονάδα μήκους. Σαν μονάδα μέτρησής της έχει καθιερωθεί διεθνώς το mS cm^{-1} (Αναστασίου, 1999) .

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα ενός υδατικού διαλύματος, σε μια συγκεκριμένη θερμοκρασία, είναι ανάλογη της συγκέντρωσης των ιόντων που βρίσκονται διαλυμένα σ' αυτό. Έτσι, στην περίπτωση των νερών άρδευσης και των θρεπτικών διαλυμάτων είναι μέτρο της περιεκτικότητάς τους σε θρεπτικά στοιχεία κι άλλα ανόργανα άλατα. Ωστόσο, η ηλεκτρική αγωγιμότητα, δεν δίνει καμία πληροφορία για το είδος των αλάτων που είναι διαλυμένα σε ένα διάλυμα, αλλά μόνο για την συνολική τους συγκέντρωση. Συνεπώς, η μέτρησή της δε δίνει μια σαφή εικόνα της κατάστασης του θρεπτικού διαλύματος αφού η διατήρησή της σε βέλτιστα επίπεδα δεν ισοδυναμεί πάντα με τη βέλτιστη σύνθεση του θρεπτικού διαλύματος .

Παρ' όλα αυτά, στην υδροπονία, η αγωγιμότητα χρησιμοποιείται τόσο για τον καθημερινό έλεγχο της κατάστασης του θρεπτικού διαλύματος στον χώρο του ριζικού συστήματος, όσο και για τον έλεγχο της καταλληλότητας των νεοπαρασκευασθέντων διαλυμάτων που πρόκειται να διατεθούν στην καλλιέργεια, λόγω της ευκολίας με την οποία προσδιορίζεται (Savvas et al, 2001) .

Τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας χαμηλότερες από ένα κατώτερο όριο υποδηλώνουν ότι η περιεκτικότητα του διαλύματος σε ορισμένα τουλάχιστον θρεπτικά στοιχεία είναι ανεπαρκής.

Η υψηλή αγωγιμότητα σε ένα υπόστρωμα (υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα) προκαλεί τοξικά φαινόμενα (αλατούχο καταπόνηση) που οδηγούν σε βλάβη του ριζικού συστήματος των φυτών, μείωση της απορρόφησης νερού και θρεπτικών στοιχείων και κατά συνέπεια μείωση της παραγωγής.

Η αύξηση της EC στο θρεπτικό διάλυμα μπορεί να μειώσει την φυλλική επιφάνεια των φυτών, μειώνοντας κυρίως το μέγεθος και όχι τον αριθμό των φύλλων. Έτσι μειώνεται η διαπνοή και η φωτοσύνθεση.

Αίτια αύξησης της αγωγιμότητας σε ένα θρεπτικό διάλυμα και κατά συνέπεια και στο υπόστρωμα της καλλιέργειας μπορεί να είναι:

- Η προσθήκη μεγαλύτερης ποσότητας λιπασμάτων: για την παρασκευή του θρεπτικού διαλύματος.
- Η συσσώρευση ιόντων: τα οποία δεν απορροφούνται από τα φυτά και συγκεντρώνονται στο υπόστρωμα, όπως π.χ. του Na και του Cl.
- Η κακή ποιότητα του νερού άρδευσης: σε αρκετές περιπτώσεις περιέχει μεγάλη σχετικά ποσότητα νατρίου ή /και χλωρίου.
- Η εφαρμογή άρδευσης χωρίς απορροή για λόγους οικονομίας νερού και λιπασμάτων: προκαλεί συγκέντρωση αλάτων στο υπόστρωμα (Αναστασίου, 1999) .

1.4.2.2.B. Οξύτητα διαλύματος – pH και η σημασία του στην υδροπονία

Το pH του θρεπτικού διαλύματος αποτελεί μέτρο της περιεκτικότητάς του σε ιόντα υδρογόνου, δηλαδή της ενεργού οξύτητάς του και είναι καθοριστικής σημασίας κριτήριο για την καταλληλότητά του. Το pH του θρεπτικού διαλύματος επηρεάζει τη δραστηριότητα της ρίζας, την απορρόφηση των θρεπτικών στοιχείων (ιδιαίτερος των μικροστοιχείων) και τις αντιδράσεις μεταξύ τους (Αναστασίου, 1999) .

Όταν η τιμή του pH είναι υψηλότερη ή χαμηλότερη από κάποια επιθυμητά επίπεδα, πολλά θρεπτικά στοιχεία καθίστανται δυσδιάλυτα (κυρίως P, Ca, Fe, Mn), οπότε δεν είναι δυνατή η απορρόφησή τους από τα φυτά προκαλώντας τροφοπενίες, ενώ άλλα απορροφώνται με ταχύτερους από τους συνήθεις ρυθμούς προκαλώντας τοξικότητες (όπως το Mn και το Al). Η ρύθμιση συνεπώς του pH του θρεπτικού διαλύματος είναι απαραίτητη προκειμένου να διατηρηθούν σε κανονικά επίπεδα οι συγκεντρώσεις των θρεπτικών στοιχείων στο θρεπτικό διάλυμα.

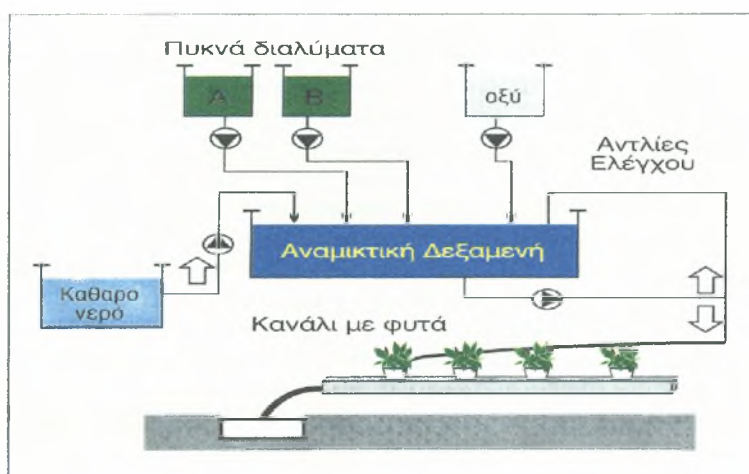
Για τα περισσότερα είδη καλλωπιστικών φυτών το pH του θρεπτικού διαλύματος στον χώρο των ριζών θα πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 5,2 και 6,0 (Savvas et al, 2001) .

1.4.3. Ανοιχτά και κλειστά υδροπονικά συστήματα

Ανάλογα με τη διαχείριση του θρεπτικού διαλύματος, τα υδροπονικά συστήματα διαχωρίζονται σε ανοιχτά και σε κλειστά ή ανακυκλούμενα.

Ένα υδροπονικό σύστημα ονομάζεται ανοιχτό, όταν το θρεπτικό διάλυμα που απορρέει ως πλεονάζον από τον χώρο των ριζών δεν συλλέγεται αλλά απομακρύνεται στο περιβάλλον ή απορροφάται από το έδαφος του θερμοκηπίου (Εικόνα 1.1). Αυτό έχει ως αποτέλεσμα αυξημένες απώλειες λιπασμάτων και μόλυνση του εδάφους και του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα (Αναστασίου, 1999).

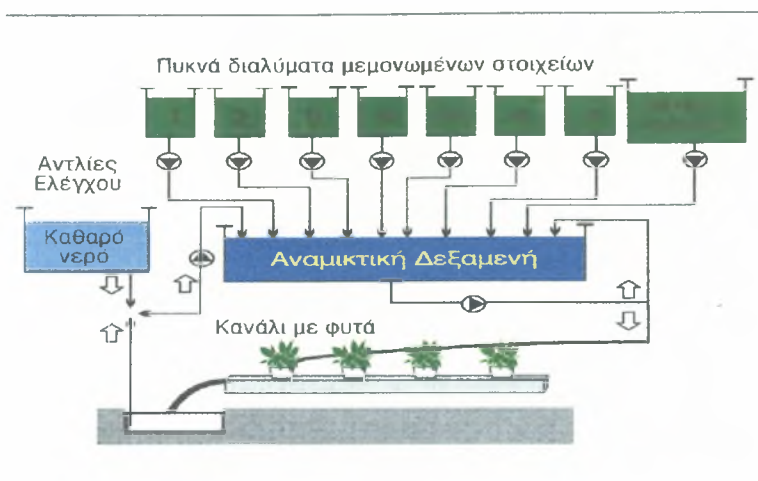
Τα συστήματα αυτά είναι από τα πρώτα που αναπτύχθηκαν και έχουν διαδοθεί περισσότερο καθώς η διαχείρισή τους είναι πιο απλή.



Εικόνα 1.1. Διάταξη ανοιχτού υδροπονικού συστήματος.

Ένα υδροπονικό σύστημα ονομάζεται κλειστό, όταν το θρεπτικό διάλυμα που απομακρύνεται από το χώρο των ριζών συλλέγεται, διορθώνεται και χρησιμοποιείται ξανά για την άρδευση της καλλιέργειας (Εικόνα 1.2) .

Η ανακύκλωση του απορρέοντος θρεπτικού διαλύματος μετά από κάθε άρδευση και η επαναχρησιμοποίησή του, συμβάλλει σε ένα μεγάλο ποσοστό στην εξοικονόμηση νερού και λιπασμάτων και στον περιορισμό της μόλυνσης του περιβάλλοντος με νιτρικά και άλλα λιπάσματα. Πρόκειται δηλαδή για μία κατ' εξοχήν φιλική προς το περιβάλλον μέθοδο καλλιέργειας φυτών (Αναστασίου, 1999).



Εικόνα 1.2: Διάταξη κλειστού υδροπονικού συστήματος.

Η δυσκολία στην διαχείριση των συστημάτων αυτών έγκειται στο γεγονός ότι η χημική σύσταση του θρεπτικού διαλύματος μεταβάλλεται μετά από κάθε άρδευση. Έτσι, θα πρέπει να γίνεται συχνός έλεγχος της ηλεκτρικής αγωγιμότητας, του pH και της σύνθεσης του θρεπτικού διαλύματος που διατίθεται για την άρδευση της καλλιέργειας.

1.5. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Όπως προαναφέρθηκε, η γνώση της τιμής της EC και του pH του θρεπτικού διαλύματος δεν μπορούν να δώσουν μια σαφή εικόνα για τη σύνθεσή του. Αυτό κάνει απαραίτητη την συνεχή μέτρηση της συγκέντρωσης των θρεπτικών στοιχείων στο θρεπτικό διάλυμα, διαδικασία που είναι δαπανηρή, χρονοβόρα και μπορεί να γίνει μόνο από εξειδικευμένο προσωπικό.

Στην εργασία αυτή γίνεται μια προσπάθεια εκτίμησης της συγκέντρωσης των τριών βασικών κατιόντων Ca^{2+} , Mg^{2+} και K^{+} μέσω της διαπνοής της καλλιέργειας ώστε να είναι δυνατή η βελτιστοποίηση της διαχείρισης του θρεπτικού διαλύματος.

Για το σκοπό αυτό γίνεται μια λεπτομερής μελέτη και ανάλυση των αλληλεπιδράσεων μεταξύ της διαπνοής των φυτών, που καθορίζεται από τους παράγοντες του κλίματος και της συγκέντρωσης των κατιόντων Ca^{2+} , Mg^{2+} και K^{+} στο θρεπτικό διάλυμα και στους φυτικούς ιστούς τριανταφυλλιάς.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

Ειδικό Μέρος

2.1.ΔΙΑΠΝΟΗ

2.1.1. Γενικά

Το νερό είναι το κύριο συστατικό των φυτών. Συμμετέχει σε βασικές βιοχημικές διαδικασίες του φυτού και αποτελεί το μέσο με το οποίο μεταφέρονται μέσα από τα αγγεία τα διάφορα θρεπτικά στοιχεία τα οποία είτε προέρχονται από το έδαφος, είτε είναι θρεπτικές ουσίες που σχηματίζονται στα φύλλα με τη φωτοσύνθεση.

Η πρόσληψη του νερού μπορεί να είναι ενεργητική αν η κινητήρια δύναμη προέρχεται από το ριζικό σύστημα και παθητική αν γίνεται εξαιτίας δυνάμεων στην ατμόσφαιρα ή το φύλλο (διαπνοή). Περισσότερο από 90% του προσλαμβανόμενου από τις ρίζες νερού αποδίδεται στον αέρα υπό μορφή υδρατμών με τη διαδικασία της διαπνοής και συνεπώς η ποσότητα του προσλαμβανόμενου από τα φυτά νερού, καθορίζεται από την ποσότητα του νερού που χάνεται στην ατμόσφαιρα, δηλαδή από την ένταση της διαπνοής (Καράταγλης, 1999).

Η διαπνοή συντελείται σε 2 στάδια. Πρώτα το νερό που έφτασε στα επιδερμικά κύτταρα του φύλλου (και άλλων οργάνων ή ιστών του φυτού) εξατμίζεται μέσα στους μεσοκυττάριους χώρους. Μετά αρχίζει το δεύτερο στάδιο της διαπνοής που είναι η διάχυση των ατμών του νερού από τους μεσοκυττάριους χώρους μέσω των στομάτων, εφόσον είναι ανοικτά, στον ελεύθερο αέρα. Όταν τα στόματα είναι κλειστά οι ατμοί νερού παραμένουν στους μεσοκυττάριους χώρους (Λόλας Π., 2000).

Υπάρχουν 2 είδη διαπνοής:

A) Διαπνοή Εφυμενίδας, η οποία συμβαίνει σε περιορισμένο βαθμό και κατά την οποία η εξατμηση του νερού πραγματοποιείται αφού το νερό διαπεράσει το στρώμα υμενίνης που καλύπτει τα φύλλα και τους νεαρούς βλαστούς.

B) Στοματική Διαπνοή, η οποία πρόκειται για την κατεξοχήν διαπνοή του φυτού και γίνεται μέσω των στομάτων, όταν αυτά είναι ανοιχτά.

Με τη λειτουργία της διαπνοής τα φυτά ρυθμίζουν σε μεγάλο βαθμό την υδατική τους κατάσταση και απορροφούν τα θρεπτικά στοιχεία που χρειάζονται για την ανάπτυξή τους (Καράταγλης, 1999). Η διαπνοή δεν επηρεάζει μόνο την πρόσληψη του νερού και των θρεπτικών στοιχείων από το φυτό αλλά παράλληλα

επιτρέπει στο φυτό να ρυθμίζει την θερμοκρασία των φύλλων και να αυτοπροστατεύεται από υπερθέρμανση και θερμικό θάνατο. (Λόλας Π., 2000).

2.1.2. Παράγοντες που επηρεάζουν την διαπνοή

Η διαπνοή είναι μια σημαντική λειτουργία για την ρύθμιση τόσο του υδατικού όσο και του ενεργειακού ισοζυγίου των φυτών και του θερμοκηπίου. Επηρεάζει την υδατική κατάσταση της καλλιέργειας και το μικροκλίμα του θερμοκηπίου και ειδικότερα τη θερμοκρασία και την υγρασία του αέρα (Λόλας Π., 2000) . Το γεγονός αυτό έχει ιδιαίτερη σημασία στις Μεσογειακές χώρες όπου κατά την περίοδο του καλοκαιριού, λόγω της υψηλής θερμοκρασίας και ακτινοβολίας, επικρατούν ακραίες συνθήκες στο θερμοκήπιο.

Στα κλειστά υδροπονικά συστήματα, η διαπνοή των φυτών αποκτά ακόμα μεγαλύτερη σημασία αφού επηρεάζει το ρυθμό απομάκρυνσης των θρεπτικών στοιχείων από το θρεπτικό διάλυμα και συνεπώς την σύσταση του θρεπτικού διαλύματος. Καθότι ο έλεγχος του θρεπτικού διαλύματος, στα κλειστά υδροπονικά συστήματα, αποτελεί βασικό πρόβλημα και διαδραματίζει κυρίαρχο ρόλο στην παραγωγή ποιοτικού προϊόντος, η εκτίμηση της διαπνοής και της ταχύτητας απορρόφησης των θρεπτικών στοιχείων έχει μεγάλη σημασία για τη διαχείριση του θρεπτικού διαλύματος. (Κατσούλας και συνεργάτες, 2000).

Οι παράγοντες οι οποίοι επηρεάζουν τον ρυθμό της διαπνοής των φυτών είναι οι εξής:

1. Παράγοντες περιβάλλοντος

- Ατμοσφαιρική Υγρασία: όσο αυξάνεται η σχετική υγρασία στο περιβάλλον του φυτού, τόσο μειώνεται η διαπνοή, καθώς το νερό εξατμίζεται ευκολότερα όταν ο αέρας είναι ξηρότερος και δυσκολότερα όταν είναι κορεσμένος.
- Θερμοκρασία ατμόσφαιρας : Αύξηση της θερμοκρασίας προκαλεί άνοιγμα των στομάτων και συνεπώς αύξηση του ρυθμού εξάτμισης του νερού από τα κύτταρα, ταυτόχρονα μειώνει την σχετική υγρασία του αέρα και συνεπώς η διαπνοή αυξάνεται.

- Κινήσεις του ανέμου. Ο άνεμος απομακρύνει από την επιφάνεια των φύλλων τον κορεσμένο αέρα και τον αντικαθιστά με ξηρότερο, αυξάνοντας έτσι το υδατικό δυναμικό και την διαπνοή.
- Φως : η επίδραση του φωτός επιφέρει το άνοιγμα των στομάτων και επομένως την αύξηση της διαπνοής.

Ωστόσο, μεγάλες περίοδοι φωτός, υψηλής θερμοκρασίας και ξηρού αέρα μπορούν να επιφέρουν μείωση της διαπνοής. Αρκετά φυτά είναι σε θέση να ελέγξουν την δραστηριότητα των στομάτων τους και σε περιπτώσεις που χάνουν πολύ νερό, τα κύτταρά τους συρρικνώνονται, κλείνουν τα στομάτια μειώνοντας έτσι την διαπνοή και την απώλεια νερού.

2. Παράγοντες που σχετίζονται με τη μορφολογία του φυτού

- Είδος φυτού: Ο ρυθμός της διαπνοής που συμβαίνει κάτω από τις ίδιες κλιματικές συνθήκες είναι διαφορετικός μεταξύ των φυτικών ειδών. Φυτά που αναπτύσσονται σε περιοχές με ξηροθερμικές συνθήκες (όπως οι κάκτοι) εξοικονομούν νερό διαπνέοντας λιγότερο σε σχέση με άλλα φυτά (Salisbury and Ross, 1969).
- Καλλιεργητική τεχνική: Κατά την συγκομιδή, το άνθος και μέρος του φυτού απομακρύνεται από την τριανταφυλλιά, συντελώντας στην μείωση της φυλλικής επιφάνειας του φυτού και συνεπώς στη μείωση της διαπνοής. Αν υπάρχουν αρκετά παλαιά φύλλα, τότε η διαπνοή μπορεί να επανέλθει σε επίπεδο όμοιο με αυτό που είχε πριν την συγκομιδή σε διάστημα 3 ημερών (Graaf, 1995).

2.2. ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗ ΘΡΕΠΤΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

2.2.1 Γενικά

Ένα θρεπτικό στοιχείο χαρακτηρίζεται ως απαραίτητο για τη θρέψη των φυτών όταν πληρεί τις 3 παρακάτω προϋποθέσεις:

1. Η έλλειψη του στοιχείου να καθιστά αδύνατη τη συμπλήρωση του βιολογικού κύκλου του φυτού ή του σταδίου αναπαραγωγής του.
2. Τα συμπτώματα έλλειψης ενός στοιχείου να μπορούν να προληφθούν ή να διορθωθούν μόνο με τη χορήγηση του συγκεκριμένου στοιχείου.
3. Το θρεπτικό στοιχείο να συνδέεται άμεσα με τη θρέψη του φυτού, ανεξάρτητα από την τυχόν επίδρασή του στη διόρθωση μικροβιολογικών ή χημικών συνθηκών του εδάφους ή γενικότερα του καλλιεργητικού μέσου.
(Arnon and Stout, 1939)

Τα απαραίτητα θρεπτικά στοιχεία για τη θρέψη των φυτών, σύμφωνα με τα παραπάνω κριτήρια, είναι 20 και διαχωρίζονται σε μακροστοιχεία (C, H, O, N, P, K, Ca, Mg, S), τα οποία απορροφούνται από το φυτό σε μεγάλες ποσότητες και σε μικροστοιχεία (B, Cl, Cu, Fe, Mo, Mn, Zn, Na, Ni, Si, Co). Από αυτά, το φυτό παίρνει τα C, O, H από τον αέρα και το νερό ενώ τα υπόλοιπα τα προσλαμβάνει με τις ρίζες από το έδαφος με τη μορφή ιόντων, είτε ως κατιόντα (NH_4^+ , K^+ , Ca^{+2} , Mg^{+2} , Fe^{+2} , Fe^{+3} , Zn^{+2} , Cu^{+2}) είτε ως ανιόντα (NO_3^- , H^+ , PO_4^- , SO_4^{-2} , Cl^- , BO_3^{-2} , MoO_4^{-2}).

Τα παραπάνω θρεπτικά στοιχεία συμμετέχουν σε συγκεκριμένες βιοχημικές λειτουργίες του φυτού. Στον πίνακα 2.1 παρουσιάζεται η ταξινόμηση των θρεπτικών στοιχείων με βάση τις βιοχημικές αυτές λειτουργίες (Μήτσιος, 2004).

Πίνακας 2.1. Ταξινόμηση θρεπτικών στοιχείων των φυτών (Mengel and Kirkby, 1987)

Θρεπτικά Στοιχεία	Μορφή θρεπτικών συστατικών που προσλαμβάνονται από τα φυτά	Βιοχημικές Λειτουργίες
1 ^η Ομάδα C, H, O, N, S	CO ₂ , HCO ₃ ⁻ , O ₂ , NO ₃ ⁻ , NH ₄ ⁺ , N ₂ , SO ₄ ²⁻ , SO ₂ Ιόντα από το θρεπτικό διάλυμα. Αέρια από την ατμόσφαιρα.	Δομικά συστατικά της οργανικής ουσίας των φυτών. Βασικά στοιχεία των ιονικών ομάδων που υπεισέρχονται σε ενζυμικές διαδικασίες. Αφομοιώνονται με αντιδράσεις οξειδοαναγωγής.
2 ^η Ομάδα P, B, Si	Φωσφορικά άλατα, βορικό ή βοριώδες οξύ, πυριτικά από το θρεπτικό διάλυμα.	Εστεροποίηση με αυτοφυείς αλκοολικές ομάδες στα φυτά. Οι φωσφορικοί εστέρες υπεισέρχονται σε αντιδράσεις ενεργειακών μετατροπών.
3 ^η Ομάδα K, Na, Mg, Ca, Mn, Cl	Ιόντα από το θρεπτικό διάλυμα.	Βρίσκονται στο φυτό στα ελεύθερα ιόντα. Η μη εκλεκτική τους λειτουργία συνίσταται στη ρύθμιση του οσμωτικού δυναμικού. Οι εκλεκτικές τους αντιδράσεις συνιστούν την ενεργοποίηση πρόσθετων ομάδων ενζύμων. Εξουδετερώνουν τα αρνητικά φορτία. Ελέγχουν την περατότητα των μεμβρανών και τα ηλεκτρικά δυναμικά.
4 ^η Ομάδα Fe, Cu, Zn, Mo	Ιόντα ή σύμπλοκα από το θρεπτικό διάλυμα.	Παρουσία αυτών κυρίως σε σύμπλοκη μορφή σε πρόσθετες ομάδες ενζύμων. Υπεισέρχονται στις αντιδράσεις μεταφοράς ηλεκτρονίων με αλλαγή του σθένους.

2.2.2. Τρόποι απορρόφησης των θρεπτικών στοιχείων

Διακρίνονται δυο μηχανισμοί απορρόφησης των θρεπτικών στοιχείων, ο παθητικός και ο ενεργητικός.

Η παθητική απορρόφηση επιτρέπει την είσοδο ιόντων στους φυτικούς ιστούς, διαπερνώντας το κυτταρικό τοίχωμα που περιβάλλει τα φυτικά κύτταρα. Στηρίζεται στο φαινόμενο της διάχυσης (μεταφορά μορίων μιας ουσίας μέσα σ' ένα διαλυτικό μέσο, από περιοχή μεγαλύτερης συγκέντρωσης σε περιοχή μικρότερης συγκέντρωσης), στο φαινόμενο της ώσμωσης (διάχυση διαμέσω ημιπερατών μεμβρανών εξαιτίας διαφοράς υδατικού δυναμικού μεταξύ των πλευρών της μεμβράνης) και στο μηχανισμό των ισορροπιών Donnan (Χουλιαράς, 2002) και πραγματοποιείται χωρίς την κατανάλωση ενέργειας από τα φυτά. Ουσιαστική κινητήρια δύναμη της παθητικής απορρόφησης αποτελεί η κίνηση του νερού μέσα στο φυτό, αίτιο της οποίας είναι η διαπνοή.

Αντίθετα, κύριο χαρακτηριστικό της ενεργητικής απορρόφησης είναι η κατανάλωση ενέργειας από το φυτικό κύτταρο. Η ενεργητική απορρόφηση εξηγείται με την ύπαρξη ουσιών μεταφορέων (περμεάσες ή τρανσλοκάσες), εξειδικευμένων στην αναγνώριση και μεταφορά ιόντων στο εσωτερικό του κυττάρου. Η ενέργεια γι' αυτή τη δράση προέρχεται από την υδρόλυση της τριφωσφορικής αδενοσίνης (ATP) (Χουλιαράς, 2002).

Η απορρόφηση του K, του P και των NO_3^- γίνεται ενεργητικά και τα φυτά είναι σε θέση να απορροφήσουν επαρκή ποσότητα των στοιχείων αυτών, ακόμα και όταν η συγκέντρωσή τους στο θρεπτικό διάλυμα είναι χαμηλή. Αντιθέτως, παθητικά πιστεύεται ότι απορροφούνται το Ca και το Mg, των οποίων η κίνηση εξαρτάται από την κίνηση του νερού στα φυτά, δηλαδή από την ένταση διαπνοής (Mengel and Kirkby, 1987).

2.2.3. Παράγοντες που επηρεάζουν την πρόσληψη των θρεπτικών στοιχείων από μια υδροπονική καλλιέργεια

Η απορρόφηση των θρεπτικών στοιχείων επηρεάζεται από:

1. Τις παραμέτρους του κλίματος στο εσωτερικό του θερμοκηπίου:

➤ Θερμοκρασία

Ο ρυθμός απορρόφησης των θρεπτικών στοιχείων είναι αυξημένος σε θερμοκρασίες μέχρι 40 ° C. Το γεγονός αυτό οφείλεται στην αύξηση του ρυθμού διάχυσης των στοιχείων προς της ρίζες και στην αύξηση της αναπνοής λόγω των υψηλών θερμοκρασιών.

Αντιθέτως, ο ρυθμός απορρόφησης των θρεπτικών στοιχείων μειώνεται σε θερμοκρασίες πάνω από 40 ° C. Αυτό πιθανόν να οφείλεται στο γεγονός ότι οι υψηλές αυτές θερμοκρασίες εμποδίζουν το φαινόμενο της αναπνοής και επίσης στο γεγονός ότι οι κυτταρικές μεμβράνες γίνονται πιο περατές στην παθητική μετακίνηση των στοιχείων με αποτέλεσμα ο καθαρός ρυθμός απορρόφησης να μειώνεται. Επίσης, η θερμοκρασία επηρεάζει την αναλογία απορρόφησης κατιόντων προς ανιόντων. Σε χαμηλότερες θερμοκρασίες η απορρόφηση ανιόντων εμποδίζεται περισσότερο σε σχέση με την απορρόφηση κατιόντων (Salisbury and Ross, 1969).

Στο θερμοκήπιο, αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα επιφέρει αύξηση της απορρόφησης του καλίου, του ασβεστίου και του μαγνησίου από τα φυτά (Nkasnsah and Ito, 1995).

➤ Φως-Φωτοσύνθεση

Το φως προάγει την απορρόφηση διάφορων ιόντων καθώς αυξάνει την περατότητα των μεμβρανών και το ηλεκτρικό δυναμικό του πλασμαλήμματος. Υψηλές εντάσεις ηλιακής ακτινοβολίας προκαλούν ταχύτερη απορρόφηση ιόντων και αυτό συμβαίνει επειδή τα σάκχαρα που παράγονται με τη φωτοσύνθεση μετακινούνται προς την ρίζα και χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ενέργειας η οποία αξιοποιείται στην ενεργητική απορρόφηση των ιόντων (Salisbury and Ross).

Η απορρόφηση του καλίου πιθανόν να σχετίζεται με την ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας που δέχεται η καλλιέργεια (Brun and Chazell, 1996)

➤ **Επίπεδα O₂**

Όταν το οξυγόνο είναι περιορισμένο, μειώνεται η παραγωγή σακχάρων του φυτού, που και συνεπώς η ενέργεια του φυτού που είναι διαθέσιμη για την απορρόφηση των στοιχείων. Χαρακτηριστικά του υποστρώματος, όπως το πορώδες και η κατανομή των πόρων, αλλά και η συχνότητα άρδευσης της καλλιέργειας, καθορίζουν την ποσότητα του αέρα που είναι διαθέσιμη στο ριζικό σύστημα των φυτών.

2. Την συγκέντρωση των ιόντων

Η βέλτιστη συγκέντρωση των θρεπτικών στοιχείων στο θρεπτικό διάλυμα εξαρτάται από το είδος της καλλιέργειας. Ωστόσο, η συγκέντρωση αυτή δεν παραμένει σταθερή. Αυτό μπορεί να συμβαίνει λόγω ανταγωνισμού μεταξύ των στοιχείων, όπου αυξημένη συγκέντρωση ενός στοιχείου δεν επιτρέπει την απορρόφηση κάποιου άλλου. Έχει βρεθεί ότι αυξημένη συγκέντρωση K στο θρεπτικό διάλυμα, μειώνει την συγκέντρωση Ca, ενώ αυξημένη συγκέντρωση Ca μειώνει την απορρόφηση Mg (Bell et al., 1989). Επίσης, διάφορες χημικές αντιδράσεις μεταξύ των στοιχείων (κυρίως του Ca²⁺ με το HPO₄⁻) μπορεί να οδηγούν στην μείωση των συγκεντρώσεων των θρεπτικών στοιχείων στο θρεπτικό διάλυμα και στη δημιουργία ιζήματος.

3. Το pH ή την ποσότητα H⁺ ή OH⁻ του υποστρώματος και του θρεπτικού διαλύματος

Οι περισσότερες καλλιέργειες αναπτύσσονται σε pH που κυμαίνεται μεταξύ 5.5 με 6.2 ή ελαφρώς όξινο. Το pH του διαλύματος επηρεάζει την διαθεσιμότητα των στοιχείων στα φυτά. Όταν το pH είναι χαμηλό, λόγω ανταγωνισμού των ιόντων H⁺ με άλλα κατιόντα, η απορρόφηση των κατιόντων μειώνεται, ενώ η απορρόφηση των ανιόντων μπορεί να αυξηθεί. Όταν το pH είναι υψηλό, τα ιόντα OH⁻ ανταγωνίζονται τα ανιόντα, των οποίων η απορρόφηση εμποδίζεται. Έτσι, η απορρόφηση των ανιόντων ελαττώνεται και αυξάνεται η απορρόφηση κατιόντων. Μεγάλες διακυμάνσεις στο pH μπορούν να προκαλέσουν έλλειψη ή τοξικότητα θρεπτικών στοιχείων.

4. Τη θρεπτική κατάσταση του φυτού

Ρίζες που περιέχουν ικανοποιητικά ποσά θρεπτικών στοιχείων δεν απορροφούν ιόντα του στοιχείου αυτού με τον ίδιο ρυθμό που θα το απορροφούσαν αν περιέχονταν σε μικρότερες ποσότητες.

5. Το γενότυπο και το στάδιο ανάπτυξης του φυτού

Η ικανότητα πρόσληψης των θρεπτικών στοιχείων από τα φυτά εξαρτάται από το γενότυπο του φυτού, δηλαδή από το είδος και την ποικιλία του φυτού. Επιπλέον, τα ώριμα κύτταρα, των οποίων η ανάπτυξη σταματά, δεν απορροφούν ιόντα τόσο γρήγορα όσο τα νεαρά κύτταρα. Νεαρά φυτά και νέοι φυτικοί ιστοί έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε N, K και P ενώ σε μεγαλύτερης ηλικίας φυτά με ώριμα φυτικά μέρη παρουσιάζονται μεγαλύτερες συγκεντρώσεις Ca, Mn, Fe και B. (Μήτσιος, 2004).

6. Τη Διαπνοή

Η διαπνοή επηρεάζει την κίνηση του νερού και ορισμένων ιόντων αλλά όχι την ταχύτητα πρόσληψής τους (Λόλας Π., 2000). Συνεπώς οι παράγοντες που επηρεάζουν την διαπνοή επηρεάζουν και την απορρόφηση των ιόντων αυτών. Γενικά για ιόντα, που δεν συγκεντρώνονται επιλεκτικά μέσα στα χυμοτόπια της ρίζας (όπως το Ca και το Mg), έχει παρατηρηθεί μια θετική συσχέτιση μεταξύ της διαπνοής και της μεταφοράς τους από το θρεπτικό διάλυμα στο εσωτερικό της ρίζας. Έτσι, αύξηση της διαπνοής μπορεί να προκαλέσει μεγαλύτερη απορρόφηση και μεταφορά των ιόντων αυτών από την ρίζα στους βλαστούς. Αντίθετα, για τα ιόντα που συγκεντρώνονται επιλεκτικά στα χυμοτόπια των κυττάρων της ρίζας (όπως αυτά του K και του P), δεν υπάρχει εμφανή συσχέτιση μεταξύ διαπνοής, απορρόφησης και μεταφοράς των ιόντων αυτών στα διάφορα φυτικά μέρη.

Αν η συγκέντρωση των θρεπτικών στοιχείων στο θρεπτικό διάλυμα είναι μικρή, τότε η ένταση της διαπνοής δεν επιφέρει καμία αλλαγή στον ρυθμό απορρόφησης των θρεπτικών στοιχείων. Αντιθέτως, αν η συγκέντρωση των θρεπτικών στοιχείων στο θρεπτικό διάλυμα είναι επαρκής, τότε ο ρυθμός διαπνοής επηρεάζει σημαντικά τον ρυθμό απορρόφησης των θρεπτικών (Salisbury and Ross, 1969).

Στα κλειστά υδροπονικά συστήματα, η διαπνοή είναι δυνατόν να επηρεάσει σημαντικά τον ρυθμό απομάκρυνσης των θρεπτικών στοιχείων από το θρεπτικό διάλυμα και συνεπώς τη σύνθεση του θρεπτικού διαλύματος. Συνεπώς, η εκτίμηση της διαπνοής και της ταχύτητας απορρόφησης ορισμένων ιόντων όπως του ασβεστίου και του μαγνησίου θα μπορούσε να αποτελέσει κριτήριο για τη διόρθωση των συγκεντρώσεων των παραπάνω θρεπτικών στοιχείων και στην γενικότερη διαχείρισή του (επίπεδο αλατότητας κ.τ.λ.).

7. Το Ασβέστιο

Ιδιαίτερη είναι η σημασία του ασβεστίου καθώς προστατεύει τις ρίζες από τα δυσμενή αποτελέσματα του χαμηλού pH (τα ιόντα H^+ επιδρούν δυσμενώς στο μηχανισμό μεταφοράς ιόντων). Δρα ως ρυθμιστής της επιλεκτικής μεταφοράς ιόντων κι έτσι προάγει την απορρόφηση ιόντων με μικρή ενυδατωμένη διάμετρο, όπως του K^+ και ελαττώνει την απορρόφηση ιόντων με μεγάλη ενυδατωμένη διάμετρο, όπως του Na^+ . Είναι απαραίτητο για την απορρόφηση των νιτρικών από το θρεπτικό διάλυμα και αυξάνει την απορρόφηση του PO_4^{2-} . Επίσης, αποτελεί ουσιώδες στοιχείο για τη διατήρηση της επιλεκτικότητας και ακεραιότητας των μεμβρανών κι έτσι τις σταθεροποιεί, μειώνοντας την διαπερατότητά τους.

2.2.4. Απορρόφηση κατιόντων από το φυτό

Τα θρεπτικά στοιχεία κάλιο, ασβέστιο και μαγνήσιο αποτελούν τα σημαντικότερα κατιόντα για τη θρέψη των φυτών. Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, η απορρόφηση του ασβεστίου και του μαγνησίου γίνεται παθητικά και εξαρτάται από την ένταση της διαπνοής των φυτών. Επιπλέον, η συγκέντρωση του καλίου στο φυτό επηρεάζεται από τις συγκεντρώσεις του ασβεστίου και του μαγνησίου. Συνεπώς, είναι σημαντική η μελέτη τους καθώς η απορρόφηση του ενός επηρεάζει την απορρόφηση των άλλων.

2.2.4.1. Κάλιο - K

Το κάλιο συγκεντρώνεται σε μεγάλα ποσά στους φυτικούς ιστούς που παρουσιάζουν έντονη αύξηση ενώ τα ιόντα του παρουσιάζουν μεγάλη κινητικότητα μέσα στο κύτταρο και τους ιστούς. Τα επίπεδα του καλίου στα διάφορα φυτικά μέρη της τριανταφυλλιάς, ανάλογα το στάδιο ανάπτυξης του φυτού παρουσιάζονται στον πίνακα 2.2.

Ιόντα K^+ βρίσκονται στα καταφρακτικά κύτταρα και βοηθούν στη διατήρηση της ωσμωτικής ισορροπίας, είναι υπεύθυνα για το μηχανισμό άνοιγμα/κλείσιμο των στομάτων και διεγείρουν την *de novo* σύνθεση του ενζύμου καρβοξυλάση της διφωσφορικής ριβουλόζης (Rubisco). Είναι απαραίτητο στοιχείο για το σχηματισμό σακχάρων, αμύλου και υδρογονανθράκων καθώς και για την κυτταρική διαίρεση στις ρίζες και άλλα φυτικά μέρη ενώ αποτελεί απαραίτητο συστατικό για τη σύνθεση πρωτεϊνών.

Τα ιόντα K^+ μεταφέρονται από τα παλαιότερα προς τα αυξανόμενα φυτικά όργανα με αποτέλεσμα τα συμπτώματα έλλειψής του να εμφανίζονται πρώτα στα παλαιότερα φύλλα. Έλλειψη καλίου στα φύλλα έχει ως αποτέλεσμα αύξηση του φαινομένου της αναπνοής και μικρότερη σπαργή, κυτταρικό μέγεθος και φυλλική επιφάνεια. Συμπτώματα έλλειψης καλίου αποτελούν οι χαμηλές αποδόσεις και κηλιδώσεις, καρούλιασμα και ξήρανση μέρους του φύλλου.

2.2.4.2. Ασβέστιο - Ca

Τα ανώτερα φυτά περιέχουν ασβέστιο σε αρκετά μεγάλες ποσότητες με τιμές που κυμαίνονται μεταξύ 5-30 mg Ca /g ξηρού βάρους. Τα επίπεδα του ασβεστίου στα διάφορα φυτικά μέρη τριανταφυλλιάς, ανάλογα το στάδιο ανάπτυξης του φυτού παρουσιάζονται στον πίνακα 2.2.

Ο ρυθμός πρόσληψης του ασβεστίου είναι συνήθως χαμηλότερος από αυτόν του καλίου. Αυτό πιθανώς συμβαίνει γιατί η απορρόφηση των Ca^{2+} , καθώς και η μετακίνησή τους μέσα στο φυτό, είναι μια παθητική διαδικασία και εξαρτάται από την κίνηση του νερού στα φυτά (ένταση διαπνοής) ενώ αντιθέτως η απορρόφηση των K^+ γίνεται ενεργητικά. Επίσης, τα καπόνια ασβεστίου, σε αντίθεση με αυτά του

καλίου, απορροφούνται μόνο από τα νεαρά ακρορίζια (η μεταφορά τους περιορίζεται σε μια περιοχή ακριβώς πίσω από αυτά) των οποίων τα κυτταρικά τοιχώματα της ενδοδερμίδας δεν έχουν αποφελλωθεί ακόμη.

Η απορρόφηση των κατιόντων Ca^{2+} μπορεί να περιοριστεί από την ανταγωνιστική δράση άλλων κατιόντων όπως το K^+ και τα NH_4^+ , τα οποία απορροφούνται ταχέως από τη ρίζα.

Το ασβέστιο όταν αποτίθεται στους φυτικούς ιστούς, καθίσταται αμετακίνητο και αντίθετα με τη συμπεριφορά του καλίου, δεν παρουσιάζει τη δυνατότητα μεταφοράς του από τα παλαιότερα φυτικά όργανα σε άλλες αυξανόμενες περιοχές. Συνεπώς, είναι απαραίτητη η συνεχής παροχή του στοιχείου στα φυτά για την αύξησή τους.

Το ασβέστιο εντοπίζεται στα κυτταρικά τοιχώματα και κυρίως στη μέση πλάκα. Η βασική του λειτουργία συνίσταται στη σταθεροποίηση των κυτταρικών δομών. Επιδρά στη διόγκωση του πρωτοπλάσματος και στη διαπερατότητα των κυττάρων των ριζών. Δραστηριοποιεί ένα σημαντικό αριθμό ενζύμων, επηρεάζει την κίνηση του νερού στα κύτταρα και είναι απαραίτητο για την επιμήκυνση και την διαίρεση των κυττάρων. Ρυθμίζει την πρόσληψη K, N και Mg και δρά αντιοξικά (ενώνεται με οξέα, τα εξουδετερώνει και προφυλάσσει τα κύτταρα από την τοξική δράση τους).

Αν σ' ένα θρεπτικό διάλυμα υπάρχει έλλειψη Ca^{2+} , τότε σταματάει η επιμήκυνση των ριζών μέσα σε λίγες μέρες, ενώ συγχρόνως τα ακρορίζια εμφανίζουν καφετί χρώμα και παράλληλα αρχίζει η βαθμιαία νέκρωσή τους.

Η έλλειψη ασβεστίου εμποδίζει την ανάπτυξη του μίσχου, των λουλουδιών και των ριζών και χαρακτηρίζεται από μείωση της ανάπτυξης των μεριστοματικών ιστών. Παρατηρείται πρώτα στα ακρορίζια και στα νεαρά φύλλα, τα οποία παραμορφώνονται και υφίστανται χλώρωση και σε πιο προχωρημένο στάδιο επέρχεται νέκρωση στα περιθώρια των φύλλων. Οι ιστοί γίνονται μαλακοί και προκύπτουν ουσίες καφέ χρωματισμού, οι οποίες μπορούν να επηρεάσουν τον μηχανισμό μεταφοράς. Οι τροφοπενίες ασβεστίου επιδεινώνονται από τις υψηλές θερμοκρασίες, από την ξηρασία και τον έντονο φωτισμό.

2.2.4.3. Μαγνήσιο - Mg

Το μαγνήσιο προσλαμβάνεται από τα φυτά με τη δισθενή μορφή του (Mg^{++}), σε μικρότερες ποσότητες από ότι το ασβέστιο ή το κάλιο. Η περιεκτικότητά του στον φυτικό ιστό είναι συνήθως της τάξεως του 0.5% ξηρού βάρους. Στον πίνακα 2.2. παρουσιάζονται τα επίπεδα μαγνησίου στα διάφορα φυτικά μέρη τριανταφυλλιάς, ανάλογα το στάδιο ανάπτυξης του φυτού .

Αποτελεί δομικό συστατικό του μορίου της χλωροφύλλης και των ριβοσωμάτων και είναι απαραίτητο στις RNA - πολυμεράσες και συνεπώς στο σχηματισμό του πυρηνικού RNA. Λαμβάνει μέρος σε ένα μεγάλο αριθμό ενζυμικών αντιδράσεων για την παραγωγή υδατανθράκων, σακχάρων και λιπών. Τα κατιόντα Mg^{2+} ρυθμίζουν τη συγκέντρωση της καρβοξυλάσης της διφωσφορικής ριβουλόξης στο στρώμα των χλωροπλαστών. Τέλος, παίζει βασικό ρόλο στο μεταβολισμό του Φωσφόρου και ρυθμίζει την πρόσληψη των K και Na .

Η έλλειψη Mg εκδηλώνεται με χλώρωση των φύλλων, καθώς το φυτό δεν είναι σε θέση να συνθέσει χλωροφύλλη αφού το Mg αποτελεί βασικό συστατικό της. Τα συμπτώματα εμφανίζονται πρώτα στις κορυφές και στις περιφέρειες των φύλλων και επεκτείνονται στις μεσονεύριες περιοχές, ειδικά των γηραιότερων και χαμηλότερων φύλλων και μπορεί να παρατηρηθεί φυλλόπτωση. Ο ιστός των φύλλων που προσβλήθηκαν γίνεται καστανόχρωμος.

Πίνακας 2.2. Επίπεδα θρεπτικών στοιχείων στους φυτικούς ιστούς τριανταφυλλιάς (%).

Φυτικό Μέρος	Στοιχείο		
	K	Ca	Mg
Άνθος	18,4	3,8	2,2
Για βλαστό 0-15 cm			
Φύλλα	14,3	21,8	3,0
Βλαστός	15,3	7,2	0,8
Για βλαστό 15-30 cm			
Φύλλα	16,1	16,0	2,6
Βλαστός	9,3	4,2	1,3
Για βλαστό 30-45 cm			
Φύλλα	17,0	14,2	2,4
Βλαστός	9,2	3,3	1,4

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ

3.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Για την μελέτη της επίδρασης της διαπνοής στην απορρόφηση Ca^{2+} , Mg^{2+} και K^+ από φυτά τριανταφυλλιάς ανεπτυγμένα σε κλειστή υδροπονική καλλιέργεια, έγιναν μετρήσεις κατά την διάρκεια του έτους 2003. Οι μετρήσεις αφορούσαν την διαπνοή των φυτών της καλλιέργειας, τις κλιματικές παραμέτρους (θερμοκρασία, ηλιακή ακτινοβολία στο εσωτερικό του θερμοκηπίου και σχετική υγρασία) και τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης του Ca^{2+} , Mg^{2+} και K^+ στο θρεπτικό διάλυμα και των σε διάφορα φυτικά μέρη (φύλλα, βλαστό και ρίζα).

Τα πειράματα έγιναν σε πολλαπλό γυάλινο αμφίρρικτο θερμοκήπιο στο αγρόκτημα του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, στο Βελεστίνο(γεωγραφικό πλάτος $39^{\circ} 44'$ και γεωμετρικό μήκος $22^{\circ} 79'$). Το κλίμα της περιοχής χαρακτηρίζεται ως Μεσογειακό – Ηπειρωτικό, με ξηροθερμικές συνθήκες κατά την περίοδο του καλοκαιριού (μέση μέγιστη θερμοκρασία τον μήνα Ιούλιο 38°C και μέση σχετική υγρασία του αέρα 45%) και ήπιους χειμώνες (μέση ελάχιστη θερμοκρασία τον μήνα Ιανουάριο $4,5^{\circ} \text{C}$ και μέση ετήσια βροχόπτωση 480mm).

3.2. ΤΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟ

Το θερμοκήπιο στο οποίο έγιναν οι μετρήσεις είναι πολλαπλό αμφίρρικτο με κάλυψη από γυαλί, σκελετό από γαλβανισμένο χάλυβα και έχει πέντε ανεξάρτητους θαλάμους. Η συνολική έκταση του θερμοκηπίου είναι 1000 m^2 , ενώ ο θάλαμος που χρησιμοποιήθηκε για τις μετρήσεις καλύπτει 200 m^2 και έχει διαστάσεις : μήκος 31 m, πλάτος 6,5 m, ύψος του ορθοστάτη 2,9 m , ύψος κορφιά 4 m και γωνία κλίσης οροφής 20° . Η μετώπη του θερμοκηπίου, στην οποία βρίσκεται και η είσοδός του, είναι τοποθετημένη προς τον Βορά (προσανατολισμός θερμοκηπίου B-N), με απόκλιση περίπου 34° από αυτόν.

Η θέρμανση στο εσωτερικό του θερμοκηπίου γινόταν με σύστημα κυκλοφορίας ζεστού νερού σε μεταλλικούς σωλήνες τοποθετημένους στα πλάγια και στην οροφή, πάνω από την καλλιέργεια. Τα επιθυμητά επίπεδα θερμοκρασιών του αέρα ήταν 22°C κατά τη διάρκεια της ημέρας και 17°C κατά τη διάρκεια της νύχτας. Το έδαφος ήταν καλυμμένο με σκυρόδεμα για να αποφευχθεί η εξάτμιση νερού.

3.3. ΤΟ ΥΔΡΟΠΟΝΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ

Στο θερμοκήπιο ήταν εγκατεστημένες δεξαμενές PVC, χωρητικότητας 50 L η καθεμία, οι οποίες ήταν τοποθετημένες σε 6 σειρές, μήκους 21 m η κάθε μια, ενώ η απόσταση μεταξύ των σειρών ήταν 0,7m. Οι δεξαμενές ήταν συνδεδεμένες μεταξύ τους με δίκτυο σωληνώσεων προκειμένου να είναι δυνατή η ανακύκλωση του διαλύματος.

Πάνω στις δεξαμενές ήταν τοποθετημένα ανά 5, φυτοδοχεία όγκου 3 L, τα οποία περιείχαν τα φυτά της τριανταφυλλιάς. Στις δεξαμενές γινόταν συλλογή του απορρέοντος θρεπτικού διαλύματος με υπερχείλιση από τα φυτοδοχεία.

Η διάταξη των δεξαμενών και των φυτοδοχείων όπως περιγράφηκε παραπάνω φαίνεται στην εικόνα 3.1.



Εικόνα 3.1. Διάταξη των δεξαμενών και των φυτοδοχείων στο θερμοκήπιο.

Η άρδευση των φυτών γινόταν με θρεπτικό διάλυμα μέσω σταλακτών παροχής 6 L h^{-1} και αντλίας δυναμικότητας 160 L h^{-1} , οι οποίοι ήταν τοποθετημένοι στο επάνω μέρος των φυτοδοχείων.

Το θρεπτικό διάλυμα, η σύσταση του οποίου φαίνεται στον πίνακα 3.1, χρησιμοποιούνταν συνεχώς για 1 εβδομάδα και στη συνέχεια γινόταν αντικατάσταση με νέο.

Πίνακας 3.1. Σύσταση θρεπτικού διαλύματος

Θρεπτικό στοιχείο	Συγκέντρωση (ppm)
NO_3^-	762,6
PO_4^{2-}	97
SO_4^{2-}	72
NH_4^+	18
K^+	253
Ca^{2+}	160
Mg^{2+}	24
$\text{Fe}^{(2+ 3+)}$	1,3
B	0,28
Cu^{2+}	0,6
Mo	0,027
Mn^{2+}	0,5
Zn^{2+}	0,23

Οι επιθυμητές τιμές της οξύτητας (pH) και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας (EC) του θρεπτικού διαλύματος που χρησιμοποιήθηκε για την άρδευση της καλλιέργειας ήταν 5,5 και $1,7 \text{ dS m}^{-1}$ αντίστοιχα.

3.4. Η ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ

Για την πραγματοποίηση των πειραμάτων, εγκαταστάθηκε στο θερμοκήπιο υδροπονική καλλιέργεια τριανταφυλλιάς ποικιλίας Iceberg.

Η πυκνότητα φύτευσης ήταν 5 φυτά m^{-2} . Τα φυτά ήταν ριζοβολημένα σε κύβους πετροβάμβακα διαστάσεων 5 x 5 cm και είχαν 1 βλαστό με 2-3 αναπτυγμένα φύλλα. Εγκαταστάθηκαν σε φυτοδοχεία όγκου 3 L και τελικά τοποθετήθηκαν πάνω στις κλειστές δεξαμενές (εικόνα 3.2) .



Εικόνα 3.2. Φυτά τριανταφυλλιάς εγκατεστημένα σε φυτοδοχεία.

Οι μετρήσεις άρχισαν όταν το ύψος των φυτών είχε φτάσει τα 15 cm και συνολικά χρησιμοποιήθηκαν 105 φυτά τριανταφυλλιάς .

3.5. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

Κατά τη διάρκεια των πειραμάτων μετρήθηκαν:

1. **Η διαπνοή** των φυτών κάθε λεπτό με τη χρήση λυσιμέτρου Presca DL ΔΤ 3000 τοποθετημένου στο μέσο του θερμοκηπίου και η μέση τιμή ανά δεκάλεπτο καταγραφόταν σε καταγραφέα δεδομένων.
2. **Οι παράμετροι του μικροκλίματος:**
 - Η θερμοκρασία του αέρα στο εσωτερικό του θερμοκηπίου (T , $^{\circ}\text{C}$) και η σχετική υγρασία (RH , %) με τη χρήση αεριζόμενου ψυχομέτρου τύπου Assman (VP1, Delta-T Devices, Cambridge, U.K.)
 - Η ηλιακή ακτινοβολία στο εσωτερικό του θερμοκηπίου (R_s , Wm^{-2}) με τη χρήση πυρανομέτρου τύπου (CM-6B, Kipp and Zonen, Delta, The Netherlands).

Τα όργανα αυτά ήταν τοποθετημένα στο εσωτερικό του θερμοκηπίου, στο ύψος των φυτών (περίπου 1,5 m από την επιφάνεια του εδάφους).

Η μέτρηση των τιμών των κλιματικών παραμέτρων γινόταν κάθε λεπτό και η

μέση τιμή τους ανά δεκάλεπτο καταγραφόταν σε καταγραφέα δεδομένων (DL3000, Delta-T Devices, Cambridge U.K.).

3. Η συγκέντρωση των Ca^{2+} , Mg^{2+} και K^+ στο θρεπτικό διάλυμα και στα διάφορα φυτικά μέρη (φύλλα, βλαστός και ρίζα).

Δειγματοληψίες φυτών τριανταφυλλιάς γινόταν καθημερινά κατά την χρονική περίοδο από 20 Νοεμβρίου έως 10 Δεκεμβρίου του 2003. Σε κάθε δειγματοληψία λαμβάνονταν 5 φυτά και συνολικά χρησιμοποιήθηκαν 105.

Μετά τη μεταφορά τους στο εργαστήριο διαχωρίζονταν στα επιμέρους φυτικά μέρη και ακολουθούσε ελαφρά πλύση αυτών, αρχικά με νερό βρύσης και κατόπιν με απιονισμένο νερό για να απομακρυνθούν τυχόν υπάρχοντα υπολείμματα σκόνης, φυτοφαρμάκων κ.α. Στη συνέχεια, τοποθετούνταν σε ξηραντήριο στους 90 °C για 24 h για την πλήρη ξήρανσή τους και έπειτα ζυγίζονταν για την καταγραφή του ξηρού τους βάρους. Ακολουθούσε τεμαχισμός και τοποθέτηση τους σε πυραντήριο στους 480 °C για 4 h. Μετά την καύση υφίσταντο επεξεργασία με διάλυμα 1M HCl (2 ml για κάθε δείγμα) και βρασμό στους 90 °C για 30 min. Μετά τη διήθηση των δειγμάτων ακολουθούσε αραίωσή τους σε αναλογία 1: 500 και γινόταν ανάλυσή τους με τη βοήθεια ιοντικού χρωματογράφου (τύπου ALLTECH HPLC System, Universal Cation Column, 7mm, 150x4.6mm).

Επίσης, με τη χρήση του ιοντικού χρωματογράφου γινόταν και χημική ανάλυση των θρεπτικών διαλυμάτων για τον προσδιορισμό των συγκεντρώσεών τους σε Ca^{2+} , Mg^{2+} και K^+ .

3.6. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Η επεξεργασία των δεδομένων του πειράματος έγινε με τη χρήση του στατιστικού πακέτου SPSS (Έκδοση 10.07 Inc., Chicago, Illinois) και του STATGRAPHICS.

4^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

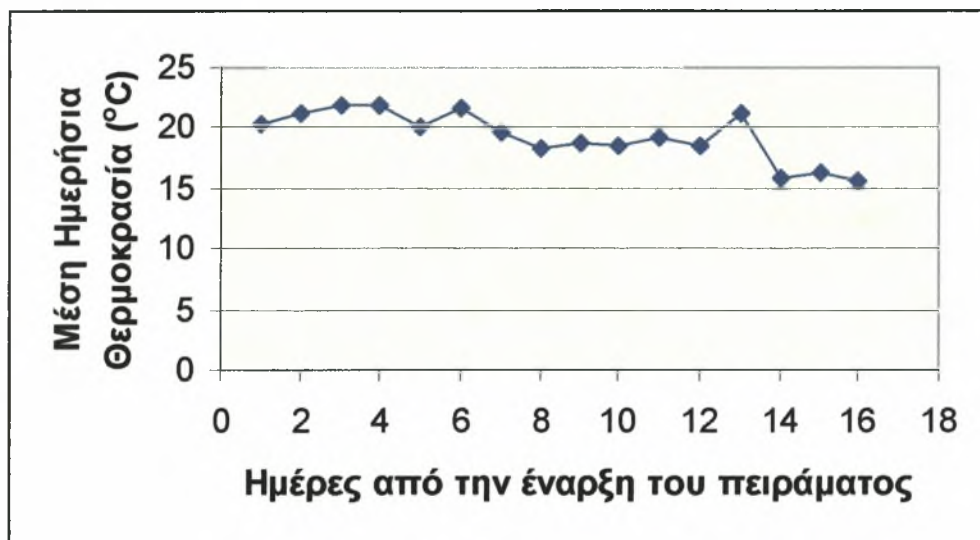
ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ-ΣΥΖΗΤΗΣΗ

4.1. ΚΛΙΜΑΤΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ

4.1.1. Θερμοκρασία αέρα στο εσωτερικό του θερμοκηπίου

Η μεταβολή της θερμοκρασίας του αέρα στο εσωτερικό του θερμοκηπίου κατά το διάστημα των μετρήσεων παρουσιάζεται στο διάγραμμα 4.1. Όπως φαίνεται, κατά τη χρονική περίοδο 8/11/2003 έως 10/11/2003 παρατηρήθηκαν θερμοκρασίες κάτω του επιθυμητού επιπέδου των 17 °C.

Η μέση τιμή της θερμοκρασία του αέρα ήταν 19,3 °C με μέγιστη τιμή τους 21,86 °C και ελάχιστη τους 15,67 °C .



Διάγραμμα 4.1. Μέση ημερήσια θερμοκρασία (T, °C) κατά τη διάρκεια του πειράματος.

4.1.2.Ηλιακή Ακτινοβολία στο εσωτερικό του θερμοκηπίου

Η μεταβολή της ηλιακής ακτινοβολίας κατά τη χρονική περίοδο από 20/11/03 έως 10/12/03 παρουσιάζεται στο διάγραμμα 4.2. Η μέγιστη τιμή ηλιακής ακτινοβολίας ήταν $284,9 \text{ W m}^{-2}$ και παρατηρήθηκε στις 21/11/2003. Σημαντική μείωση της έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας σημειώθηκε κατά την περίοδο 30/11/03 έως 2/12/03, οπότε και παρατηρήθηκε η ελάχιστη τιμή ηλιακής ακτινοβολίας $29,88 \text{ W m}^{-2}$ καθώς και κατά την περίοδο 8 – 10/12/03.

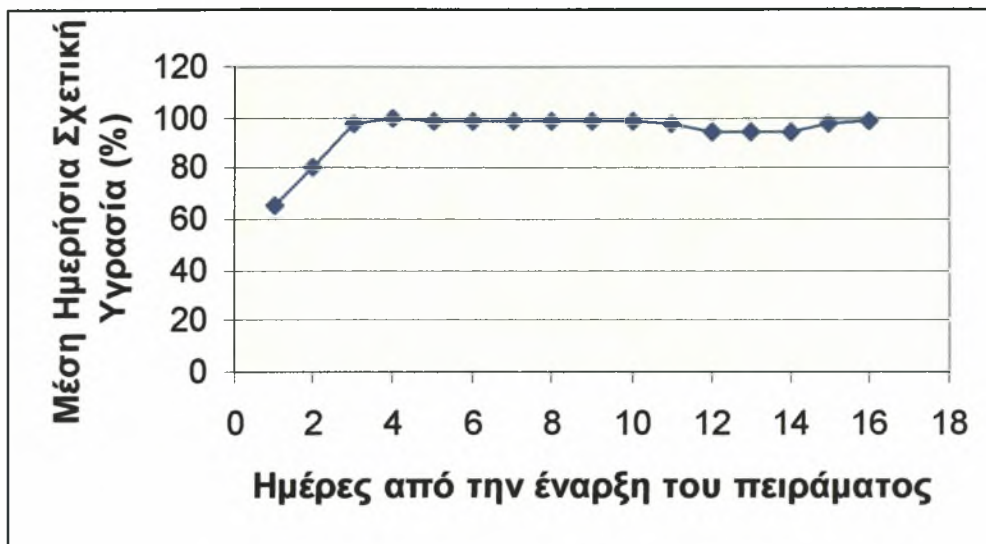


Διάγραμμα 4.2. Μέση ημερήσια ηλιακή ακτινοβολία (W m^{-2}) κατά τη διάρκεια του πειράματος.

4.1.3.Σχετική Υγρασία στο εσωτερικό του θερμοκηπίου

Την ίδια χρονική περίοδο μετρήθηκαν και οι τιμές της σχετικής υγρασίας. Η μέση τιμή της σχετικής υγρασίας ήταν 94,43 και κυμαίνονταν μεταξύ 99,19 (μέγιστη τιμή) και 65,38 (ελάχιστη τιμή).

Οι μεταβολές της σχετικής υγρασίας στο εσωτερικό του θερμοκηπίου κατά τη χρονική περίοδο των μετρήσεων παρουσιάζονται στο διάγραμμα 4.3. Όπως φαίνεται, η σχετική υγρασία δεν παρουσίασε σημαντικές διακυμάνσεις.



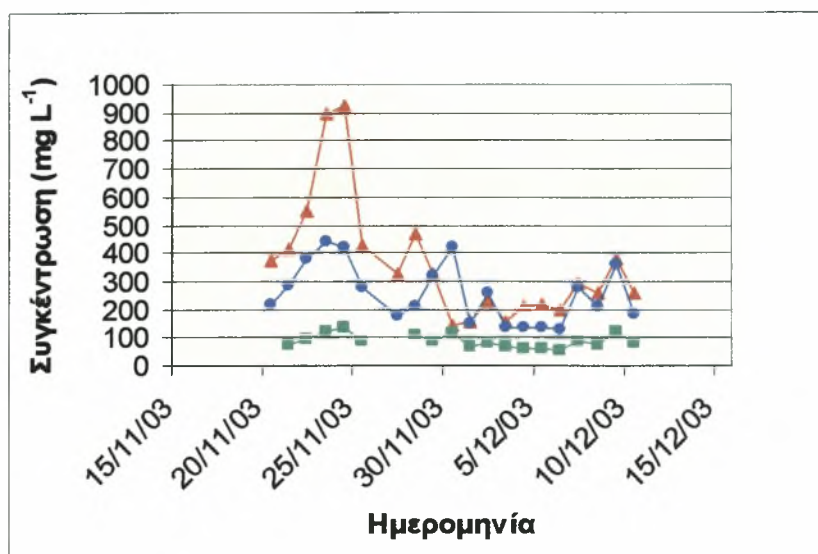
Διάγραμμα 4. 3. Μέση ημερήσια σχετική υγρασία (%) κατά τη διάρκεια του πειράματος.

Όπως έχει αναφερθεί, η διαπνοή εξαρτάται από τους κλιματικούς παράγοντες (θερμοκρασία, ηλιακή ακτινοβολία και σχετική υγρασία). Είναι αναμενόμενο, διακυμάνσεις των παραγόντων αυτών να επιφέρουν διακυμάνσεις στον ρυθμό της διαπνοής και συνεπώς και στην απορρόφηση των θρεπτικών στοιχείων.

Υπάρχει μεγάλη συσχέτιση της ηλιακής ακτινοβολίας και της διαπνοής (Κατσούλας, 2002). Κατά τη διάρκεια του πειράματος, σημαντική μείωση της έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας παρατηρήθηκε κατά την περίοδο 30/11/03 έως 2/12/03 και κατά την περίοδο 8 – 10/12/03, οπότε τότε αναμένεται να παρατηρηθεί έντονη διακύμανση της διαπνοής.

4.2.ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ Ca^{2+} , Mg^{2+} ΚΑΙ K^{+} ΣΤΑ ΘΡΕΠΤΙΚΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ

Στο διάγραμμα 4.4 παρουσιάζονται οι ημερήσιες τιμές των συγκεντρώσεων (mg L^{-1}) των κατιόντων Ca^{2+} , Mg^{2+} και K^{+} στο θρεπτικό διάλυμα.



Διάγραμμα 4. 4. Ημερήσιες τιμές των συγκεντρώσεων Ca^{2+} (—▲—), K^{+} (—●—) και Mg^{2+} (—■—), κατά την περίοδο του πειράματος.

Οι επιθυμητές συγκεντρώσεις των τριών κατιόντων στο θρεπτικό διάλυμα ήταν $253 \text{ mg L}^{-1} \text{ K}^{+}$, $160 \text{ mg L}^{-1} \text{ Ca}^{2+}$ και $24 \text{ mg L}^{-1} \text{ Mg}^{2+}$ (Πίνακας 3.1). Ωστόσο, στο διάγραμμα 4.4 φαίνεται ότι οι ημερήσιες τιμές των συγκεντρώσεων των στοιχείων οι οποίες μετρήθηκαν είναι αρκετά μεγαλύτερες, σχεδόν διπλάσιες από τις αρχικές ποσότητες.

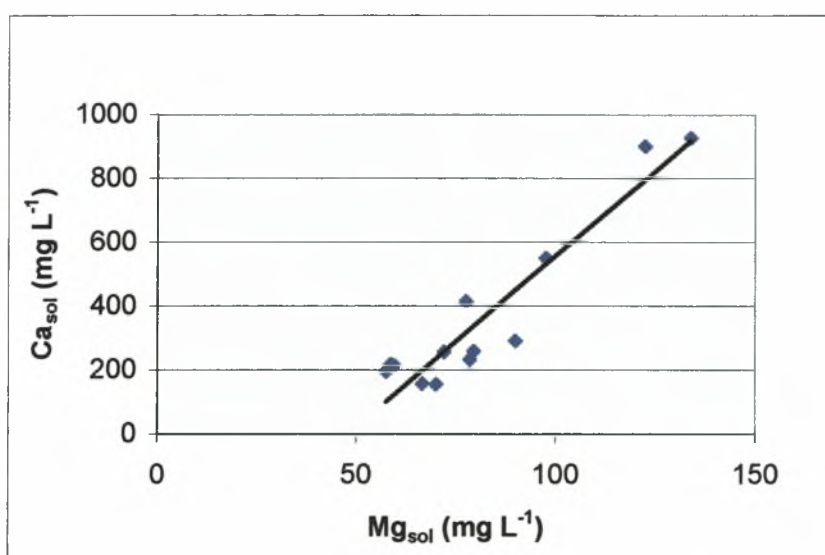
Όπως φαίνεται στο διάγραμμα 4.4, η συγκέντρωση των κατιόντων Ca^{2+} στο θρεπτικό διάλυμα, παρουσιάζει μεγάλες διακυμάνσεις κατά τη διάρκεια του πειράματος. Αυξημένη συγκέντρωση κατιόντων στο θρεπτικό διάλυμα πιθανώς οφείλεται σε μικρότερο ρυθμό απορρόφησής τους από τα φυτά. Η απορρόφηση του ασβεστίου γίνεται παθητικά με τον ρυθμό διαπνοής, επομένως κατά τις περιόδους 30/11/03 έως 2/12/03 και 8 έως 10/12/03 όπου η έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας παρουσιάζει σημαντική μείωση, μειώνεται και ο ρυθμός διαπνοής και συνεπώς η

απορρόφηση των Ca^{2+} οπότε παρατηρείται μεγάλη συγκέντρωση των κατιόντων στο θρεπτικό διάλυμα.

Η συγκέντρωση των κατιόντων K^+ παρουσιάζει μεγάλες διακυμάνσεις, καθώς η απορρόφηση τους από τα φυτά επηρεάζεται από το ασβέστιο.

Παρόλο που το μαγνήσιο, όπως και το ασβέστιο απορροφάται παθητικά, η συγκέντρωση των κατιόντων του δεν παρουσιάζει μεγάλες διακυμάνσεις διότι η απορρόφηση του γίνεται σε μικρότερα ποσοστά.

Στο διάγραμμα 4.5 παρουσιάζεται η συσχέτιση μεταξύ των συγκεντρώσεων Ca^{2+} και Mg^{2+} στα θρεπτικά διαλύματα.

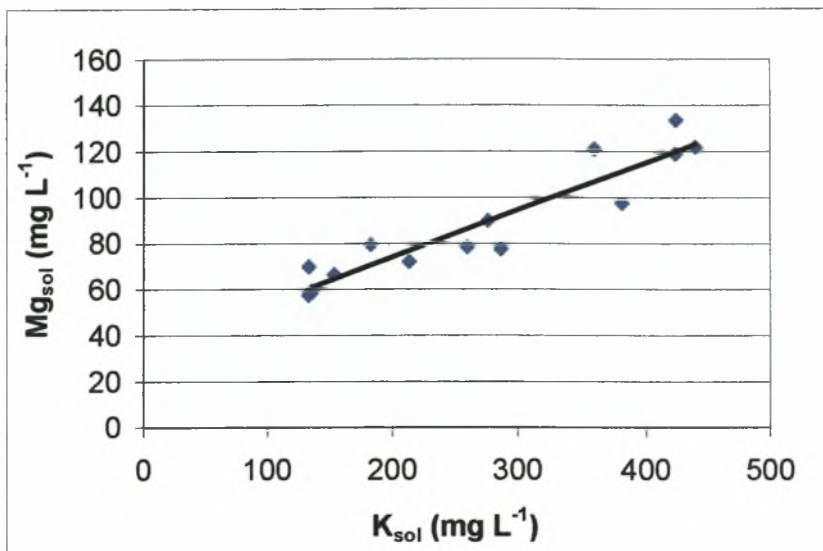


Διάγραμμα 4. 5. Συσχέτιση συγκέντρωσης Mg^{2+} (Mg_{sol} , mg L^{-1}) και Ca^{2+} (Ca_{sol} , mg L^{-1}) στο θρεπτικό διάλυμα.

Όπως φαίνεται, υπάρχει καλή συσχέτιση ($R^2 = 0,888$) μεταξύ των συγκεντρώσεων Ca^{2+} και Mg^{2+} στα θρεπτικά διαλύματα, η οποία περιγράφεται από τη σχέση:

$$y = 10,753 x - 516,49 \quad (4.1)$$

Στο διάγραμμα 4.6 παρουσιάζεται η συσχέτιση μεταξύ των συγκεντρώσεων Mg^{2+} και K^+ στα θρεπτικά διαλύματα.

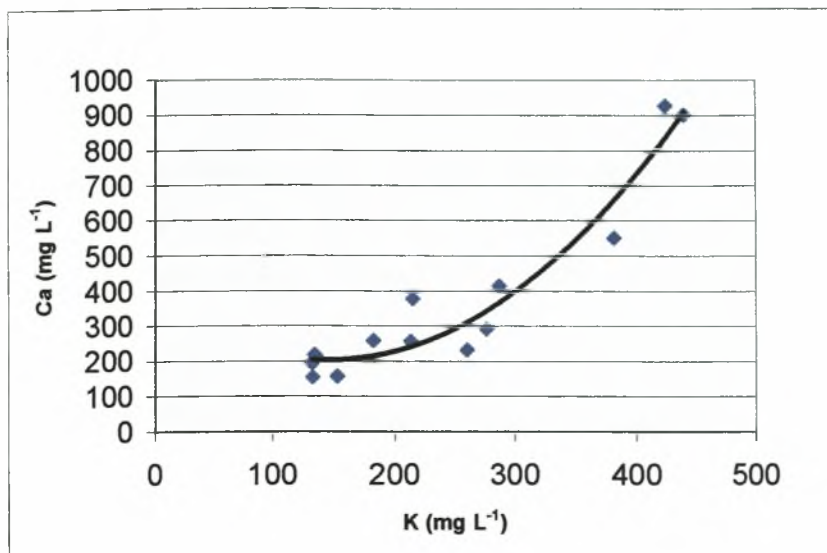


Διάγραμμα 4. 6. Συσχέτιση συγκέντρωσης K^+ (K_{sol} , mg L⁻¹) και Mg^{2+} (Mg_{sol} , mg L⁻¹) στο θρεπτικό διάλυμα.

Όπως φαίνεται, υπάρχει καλή συσχέτιση ($R^2 = 0,8794$) μεταξύ των συγκεντρώσεων Mg^{2+} και K^+ στα θρεπτικά διαλύματα, η οποία περιγράφεται από τη σχέση:

$$y = 0,2045 x + 33,29 \quad (4.2)$$

Στο διάγραμμα 4.7 παρουσιάζεται η συσχέτιση μεταξύ των συγκεντρώσεων Ca^{2+} και K^+ στα θρεπτικά διαλύματα.



Διάγραμμα 4. 7. Συσχέτιση συγκέντρωσης Ca^{2+} (Ca_{sol} , mg L^{-1}) και K^+ (K_{sol} , mg L^{-1}) στο θρεπτικό διάλυμα.

Όπως φαίνεται, υπάρχει καλή συσχέτιση ($R^2 = 0,9324$) μεταξύ των συγκεντρώσεων Ca^{2+} και K^+ στα θρεπτικά διαλύματα, η οποία περιγράφεται από τη σχέση:

$$y = 0,0081x^2 - 2,3517x + 373,87 \quad (4.3)$$

Εφόσον υπάρχουν αυτές οι συσχετίσεις μεταξύ των συγκεντρώσεων των τριών κατιόντων (σχέσεις 4.1, 4.2 και 4.3), γνωρίζοντας τη συγκέντρωση που είναι απαραίτητη για τη σωστή θρέψη των φυτών ενός από αυτά μπορούμε να υπολογίσουμε και την απαιτούμενη συγκέντρωση των 2 άλλων.

4.3. ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΕΙΣ Ca^{2+} , Mg^{2+} ΚΑΙ K^+ ΣΤΑ ΔΙΑΦΟΡΑ ΦΥΤΙΚΑ ΜΕΡΗ

4.3.1. Ασβέστιο

Βρέθηκε ότι η ποσότητα του ασβεστίου σε ολόκληρο το φυτό (βλαστό, φύλλα, ρίζα) είναι συνάρτηση της διαπνοής και της συγκέντρωσης του στοιχείου στο θρεπτικό διάλυμα σύμφωνα με τη σχέση:

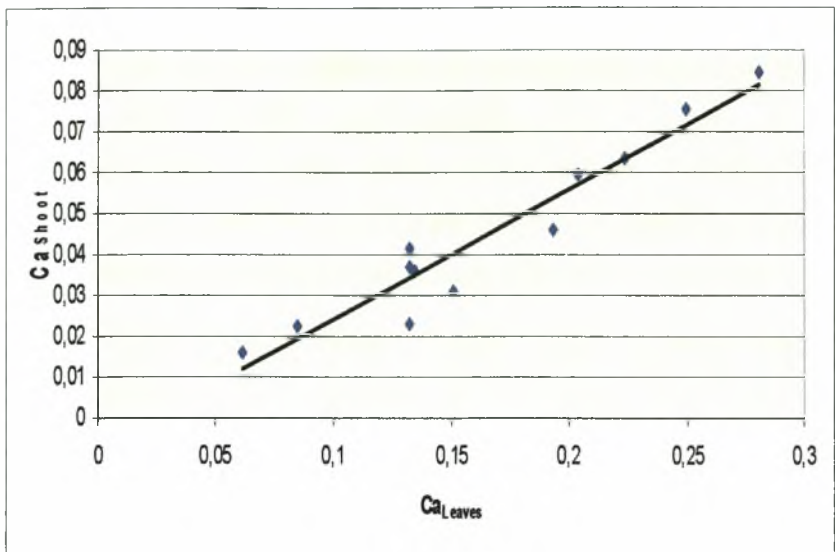
$$[\text{Ca}]_{\text{plant}} = 0,073 \text{Ln}(\text{Tr})^2 + 1,53 \times 10^{-8} ([\text{Ca}]_{\text{sol}})^2 - 0,00015 [\text{Ca}]_{\text{sol}} - 21,24 \quad (4.4)$$

Συνεπώς, γνωρίζοντας την ποσότητα του ασβεστίου που περιέχεται στο φυτό για συγκεκριμένη διαπνοή μπορούμε, λύνοντας την σχέση 4.4 ως προς την $[\text{Ca}]_{\text{sol}}$, να υπολογίσουμε την συγκέντρωση του στοιχείου που χρειάζεται να χορηγήσουμε μέσω του θρεπτικού διαλύματος.

Για τη βέλτιστη θρέψη των φυτών τριανταφυλλιάς, η ποσότητα του ασβεστίου που θα πρέπει να υπάρχει στο φυτικό ιστό, ανάλογα με το στάδιο ανάπτυξης του φυτού παρουσιάστηκε στον πίνακα 2.2. Συνεπώς, για συγκεκριμένη διαπνοή μπορούμε, σύμφωνα με τη σχέση 4.4. να υπολογίσουμε την συγκέντρωση του ασβεστίου του θρεπτικού διαλύματος.

Η συσχέτιση ($R^2 = 0,9254$) της ποσότητας ασβεστίου που περιέχεται στον βλαστό και της ποσότητας ασβεστίου που περιέχεται στα φύλλα παρουσιάζεται στο διάγραμμα 4.8 και περιγράφεται από τη σχέση:

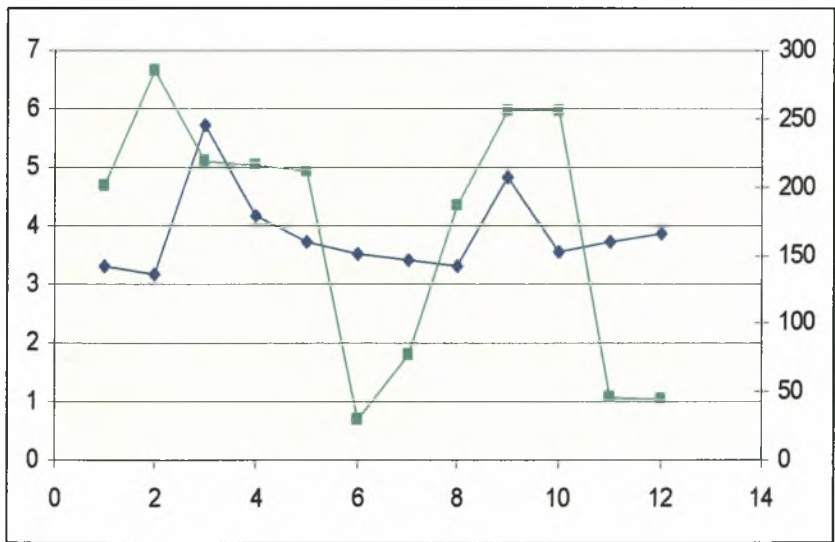
$$y = 0,3177 x - 0,0076 \quad (4.5)$$



Διάγραμμα 4. 8. Συσχέτιση ποσότητας Ca στα φύλλα και στο βλαστό.

Όπως προκύπτει από το διάγραμμα 4.8, η συσχέτιση της ποσότητας ασβεστίου που περιέχεται στον βλαστό και της ποσότητας ασβεστίου που περιέχεται στα φύλλα βρέθηκε να είναι γραμμική, γεγονός που σημαίνει ότι οι ποσότητες ασβεστίου που απορροφώνται από τα φύλλα και το βλαστό είναι κάθε στιγμή ανάλογες.

Στο διάγραμμα 4.9 παρουσιάζεται ο λόγος της ποσότητας του ασβεστίου στα φύλλα προς την ποσότητα ασβεστίου στο βλαστό καθώς και η διακύμανση της ηλιακής ακτινοβολίας κατά τη διάρκεια του πειράματος.

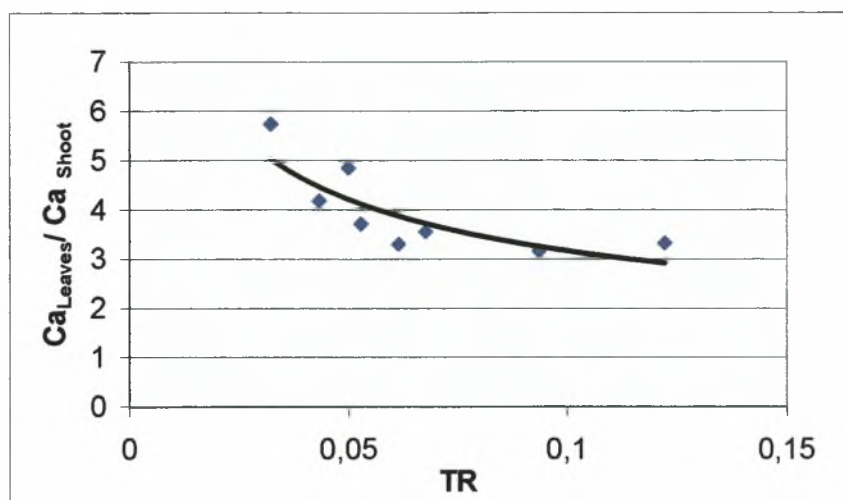


Διάγραμμα 4. 9. Ποσότητα Ca στα φύλλα προς ποσότητα Ca στο βλαστό (—♦—) και ηλιακή ακτινοβολία (—■—) (W m^{-2}).

Όπως φαίνεται από το διάγραμμα 4.9, ο λόγος της ποσότητας του ασβεστίου στα φύλλα προς την ποσότητα ασβεστίου στο βλαστό είναι σταθερός εκτός από τις ημέρες 21/11/2003 και 5/12/2003 όπου μεταβάλλεται.

Αυτό μπορεί να οφείλεται στο γεγονός ότι τις συγκεκριμένες ημέρες παρατηρήθηκε έντονη ηλιακή ακτινοβολία και συνεπώς αύξηση του ρυθμού διαπνοής κατά την οποία πραγματοποιείται έντονη κίνηση ασβεστίου προς τα φύλλα.

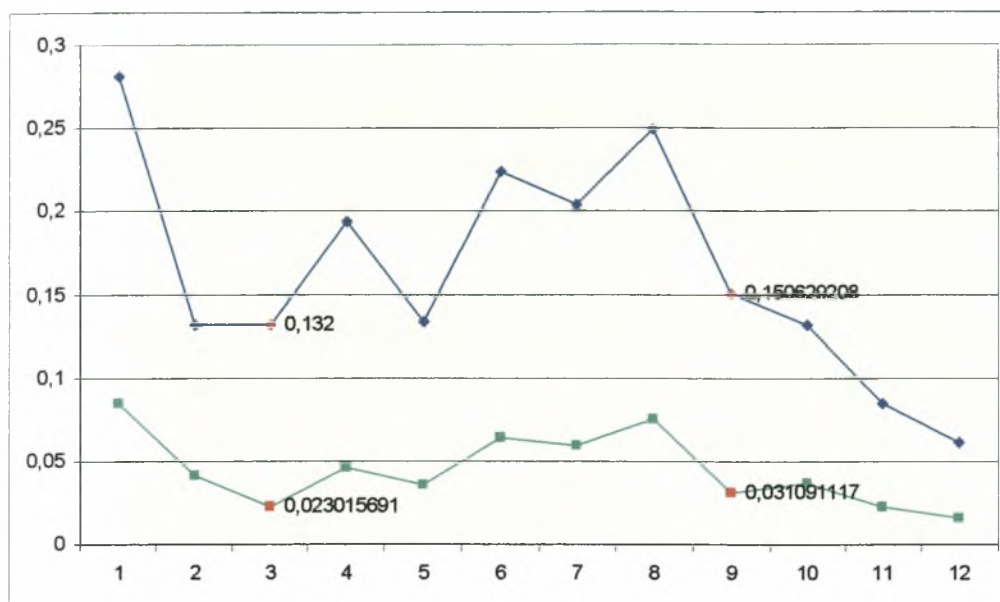
Η συσχέτιση του λόγου Ca φύλλων / Ca βλαστού με τη διαπνοή παρουσιάζεται στο διάγραμμα 4.10.



Διάγραμμα 4. 10. Συσχέτιση του λόγου Ca φύλλων / Ca βλαστού με τη διαπνοή.

Όπως φαίνεται, καθώς η διαπνοή αυξάνεται ο λόγος της ποσότητας του ασβεστίου στα φύλλα προς την ποσότητα ασβεστίου στο βλαστό μειώνεται. Αυτό μπορεί να συμβαίνει είτε επειδή αυξάνεται η ποσότητα του ασβεστίου στο βλαστό, είτε επειδή μειώνεται η ποσότητα του ασβεστίου στα φύλλα.

Στο διάγραμμα 4.11 παρουσιάζεται η ποσότητα του ασβεστίου στα φύλλα και η ποσότητα του ασβεστίου στο βλαστό.



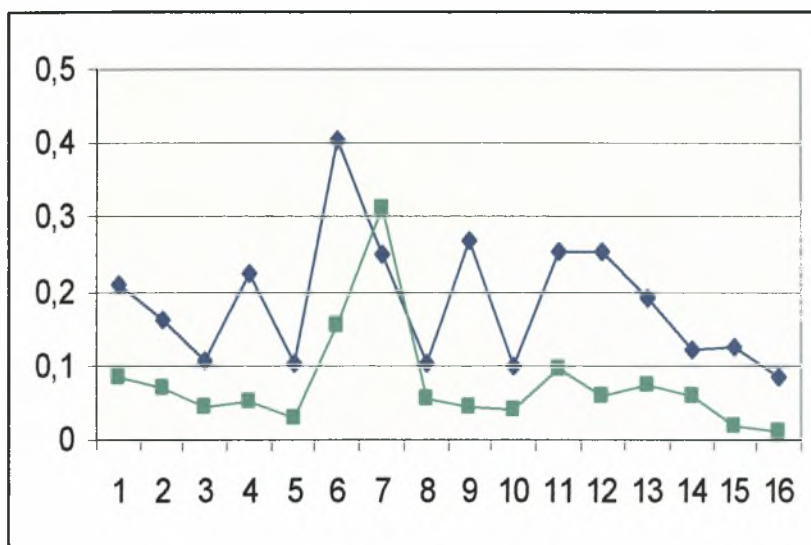
Διάγραμμα 4.11. Ποσότητα ασβεστίου στα φύλλα (—♦—) και ποσότητα ασβεστίου στο βλαστό (—■—).

Είναι φανερό ότι οι δυο περιπτώσεις όπου ο λόγος Ca φύλλων / Ca βλαστού είναι μεγάλος (δηλαδή, τις ημέρες με μεγάλη διαπνοή) οφείλονται σε μικρή ποσότητα Ca στον βλαστό και όχι υψηλής ποσότητας στα φύλλα. Αυτό μπορεί να προκαλείται από μετακίνηση του ασβεστίου από το βλαστό προς τα φύλλα.

4.3.2. Κάλιο

Για το κάλιο, πραγματοποιήθηκε συσχέτιση μεταξύ των ποσοτήτων του στοιχείου στα φύλλα και στο βλαστό, όμως δεν βρέθηκε μια καλή σχέση που να την περιγράφει. Επίσης, δεν υπήρξε συσχέτιση του λόγου Κ φύλλων / Κ βλαστού με τη διαπνοή.

Στο διάγραμμα 4.12 παρουσιάζεται η ποσότητα του καλίου στα φύλλα και η ποσότητα του καλίου στο βλαστό.

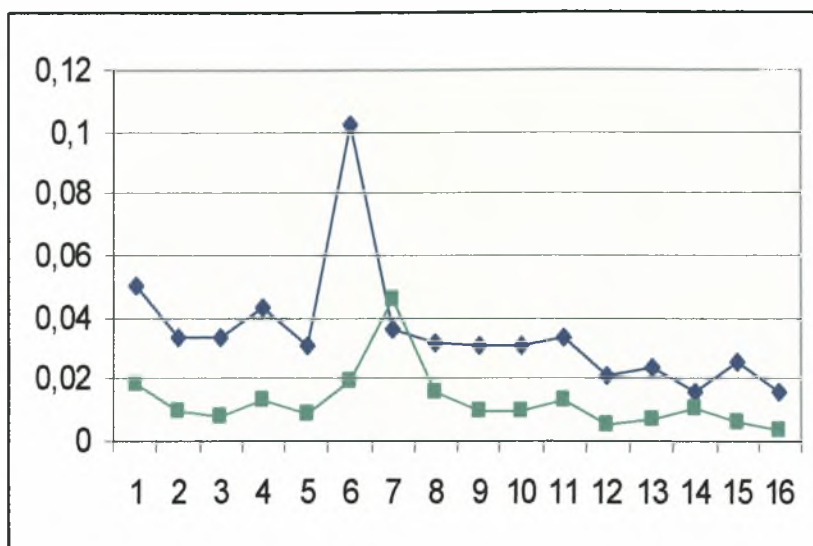


Διάγραμμα 4.12. Ποσότητα καλίου στα φύλλα (—◆—) και ποσότητα καλίου στο βλαστό(—■—).

4.3.3. Μαγνήσιο

Για το μαγνήσιο, όπως και για τα άλλα δυο κατιόντα, πραγματοποιήθηκε συσχέτιση μεταξύ των ποσοτήτων του στοιχείου στα φύλλα και στο βλαστό, όμως δεν βρέθηκε μια καλή σχέση που να την περιγράφει. Επίσης, δεν υπήρξε συσχέτιση του λόγου Mg φύλλων / Mg βλαστού με τη διαπνοή.

Στο διάγραμμα 4.13 παρουσιάζεται η ποσότητα του μαγνησίου στα φύλλα και η ποσότητα του μαγνησίου στο βλαστό.



Διάγραμμα 4.13. Ποσότητα μαγνησίου στα φύλλα (—◆—) και ποσότητα μαγνησίου στο βλαστό (—■—).

5^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.

5.1.ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα αποτελέσματα του πειράματος έδειξαν ότι υπάρχουν καλές συσχετίσεις μεταξύ των συγκεντρώσεων των Ca^{2+} - Mg^{2+} , Mg^{2+} - K^{+} και Ca^{2+} - K^{+} στα θρεπτικά διαλύματα (διαγράμματα 4.5, 4.6 και 4.7), οι οποίες περιγράφονται από τις σχέσεις 4.1, 4.2 και 4.3. Συνεπώς, γνωρίζοντας τη συγκέντρωση ενός από αυτά τα κατιόντα που είναι απαραίτητη για τη σωστή θρέψη των φυτών, μπορούμε να υπολογίσουμε και την απαιτούμενη συγκέντρωση των 2 άλλων.

Βρέθηκε ότι η ποσότητα του ασβεστίου ολόκληρου του φυτού $[\text{Ca}]_{\text{plant}}$ είναι συνάρτηση της διαπνοής της συγκέντρωσης του στοιχείου στο θρεπτικό διάλυμα (σχέση 4.4).

Παρατηρήθηκε ότι αύξηση της ηλιακής ακτινοβολίας, είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση του ρυθμού διαπνοής των φυτών και συνεπώς την αύξηση της απορρόφησης ασβεστίου.

Οι ποσότητες ασβεστίου που απορροφώνται από τα φύλλα και το βλαστό βρέθηκαν κάθε στιγμή ανάλογες, ωστόσο ο λόγος τους (Ca φύλλων / Ca βλαστού) φάνηκε να μεταβάλλεται σε δυο περιπτώσεις όπου παρατηρήθηκε μεγάλος ρυθμός διαπνοής λόγω μεγάλης έντασης ηλιακής ακτινοβολίας.

Η συσχέτιση του λόγου Ca φύλλων / Ca βλαστού με τη διαπνοή έδειξε ότι καθώς η διαπνοή αυξάνεται ο λόγος αυτός μειώνεται. Συνεπώς, τις ημέρες με μεγάλη διαπνοή, θα έπρεπε είτε η ποσότητα του ασβεστίου στο βλαστό να αυξάνεται, είτε η ποσότητα του ασβεστίου στα φύλλα να μειώνεται. Αντιθέτως, στο διάγραμμα 4.11. φαίνεται ότι τις ημέρες αυτές παρατηρήθηκε μικρή ποσότητα Ca στον βλαστό και όχι υψηλή στα φύλλα και αυτό μπορεί να προκαλείται από μετακίνηση του ασβεστίου από το βλαστό προς τα φύλλα.

Για το κάλιο και για το μαγνήσιο, πραγματοποιήθηκαν συσχετίσεις μεταξύ των ποσοτήτων του κάθε στοιχείου στα φύλλα και στο βλαστό, όμως δεν βρέθηκε καλή συσχέτιση. Επίσης, δεν υπήρξε συσχέτιση του λόγου K φύλλων / K βλαστού ή του λόγου Mg φύλλων / Mg βλαστού με τη διαπνοή.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Αναστασίου, Αχ. Υδροπονικά Συστήματα Καλλιέργειας Και Έλεγχος Της Θρέψης. Αφιέρωμα Θερμοκήπια, Περιοδικό Γεωργία και Κτηνοτροφία, Τεύχος 2/1999. Αγρότυπος Α.Ε. pp. 60-74.
2. Αφιέρωμα Θερμοκήπια, Περιοδικό Γεωργία και Κτηνοτροφία, Τεύχος 2/1999. Αγρότυπος Α.Ε. p. 16.
3. Θέριος, Ι. Ανόργανη Θρέψη και Λιπάσματα. Εκδόσεις Γ. Δεδούση. Θεσσαλονίκη. pp 95-106.
4. Καράταγλης, Σ. Φυσιολογία Φυτών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη 1999. pp.105-168.
5. Κατασκευή και Εγκατάσταση Του Θερμοκηπίου, Αφιέρωμα Θερμοκήπια, Περιοδικό Γεωργία και Κτηνοτροφία, Τεύχος 2/1999. Αγρότυπος Α.Ε. pp. 36 - 39.
6. Κατσούλας Ν. 2002. Επίδραση των παραγόντων του περιβάλλοντος στη διαπνοή τριανταφυλλιάς υπό κάλυψη. Διδακτορική διατριβή, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Νέα Ιωνία. pp 48-74
7. Κατσούλας Ν. , Λύκας Χρ., Γιαγλάρας Π., Κίττας Κ. , Διαχείριση Θρεπτικού διαλύματος σε κλειστό υδροπονικό σύστημα με καλλιέργεια τριανταφυλλιάς στη Μαγνησία. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος 2000.
8. Κίττας, Κ. Υδροπονία και Υδροπονικές Καλλιέργειες. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος 2002. pp. 3-13.
9. Κίττας, Κ. Γεωργικές Κατασκευές & Έλεγχος Περιβάλλοντος Μονάδων Φυτικής και Ζωικής Παραγωγής, Ι. Θερμοκήπια. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος 2002, pp 9-66.
10. Λόλας, Π. Φυσιολογία Φυτού (Σημειώσεις Μαθήματος). Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος. pp. 95-140.
11. Λύκας, Χ. Επίδραση των παραγόντων του μικροκλίματος στη διαχείριση νερού σε μεσογειακά θερμοκήπια. Εφαρμογή σε υδροπονική καλλιέργεια τριαντάφυλλου. pp 48-59.
12. Παπαδάκης, Χαρ. Οι ανθοκαλλιέργειες στην Ελλάδα, Υφιατάμενη κατάσταση, Προβλήματα, Προοπτικές. Περιοδικό Γεωργία και Κτηνοτροφία, Τεύχος 5/2000. Αγρότυπος Α.Ε.

13. Παπαδημητρίου, Μ.,1999. Ο Εκσυγχρονισμός της Ανθοκομίας Προϋπόθεση για την Επιβίωσή της στη Σημερινή Παγκοσμιοποιημένη Αγορά. Έρευνα στην παραγωγή - Με τη συνεργασία της Σχολής Τεχνολογίας Γεωπονίας του ΤΕΙ Κρήτης.
14. Προωθούμενα είδη δενδροκτηπευτικών στη Θεσσαλία για την περίοδο 2002 – 2006. Περιφέρεια Θεσσαλίας, Διεύθυνση Γεωργικής Ανάπτυξης.
15. Σάββας Δ., Τριανταφυλλίδης Β., Φλαμουράς Ν. Αγγελή Μ., Καλλιέργεια Ανθοκομικών Φυτών Στο Θερμοκήπιο. Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, Τμήμα μαθηματικών - Τμήμα Οργάνωσης και Διαχείρισης Αγροτικών Εκμεταλλεύσεων, 2001.
16. Σακελλαρίου- Μακραντωνάκη Μ., Καλφούνζος Δ., Βύρλας Π., 2001. Irrigation water saving and yield increase with surface drip irrigation. Proc. Of 7th International Conf. Of Environmental Science and Technology. Ermoupolis, Syros Island. Greece. pp. 466-473
17. Σακελλαρίου- Μακραντωνάκη Μ., Καλφούνζος Δ., Βύρλας Π., Καπετάνος Β., 2002. Watersaving model irrigation methods. Hydorrana 2002. EYDAP. Athens, Greece. pp.96-102
18. Τεχνικές προδιαγραφές θερμοκηπίων που απαιτούνται για την ένταξη σε σχέδια βελτίωσης και την επιδότηση, Αφιέρωμα Θερμοκήπια, Περιοδικό Γεωργία και Κτηνοτροφία, Τεύχος 2/1999. Αγρότυπος Α.Ε. pp18-25.
19. Τσιρογιάννης Ι.Λ., «Ιστορία των θερμοκηπίων», σελ. 104-111, τεύχος 342, Δεκέμβριος 1996.
20. Υπουργείο Γεωργίας, Ανθοκομικά Προϊόντα, Υφιστάμενη Κατάσταση, Διαπιστώσεις στα παραγωγικά δεδομένα, Προοπτική του κλάδου- Σημειώματα, Άξονες και Μέτρα Πολιτικής .
21. Χουλιάρας, Ν.Α, Η λίπανση στη βιολογική γεωργία. Τμήμα Φυτικής Παραγωγής. Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα (Τ.Ε.Ι) Λάρισας.

ΕΕΝΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Ames, M., Johnson, W.S. A Review of Factors Affecting Plant Growth. University of Nevada, Reno.
2. Bell, R.W., Edwards, D.G. and Asher, C. J. Effects of Calcium Supply on Uptake of Calcium and Selected Mineral Nutrients by Tropical Food Legumes in Solution Culture. Australian Journal of Agricultural Research 40, pp.1003-1013, 1989.
3. Brun, R., Chazell L., Tarere Y., Voisin S., 1995. Nychthermal uptake of water and (No₃-) during the growth of rose plants in hydroponic culture. Acta Horticulturae 424, pp. 59-65.
4. Chimonidou-Pavlidou, D. Response Of Roses To Salinity And Irrigation. Proceedings of the Forst Trans-National Meeting On Salinity as a Limiting Factor for Agricultural Productivity in the Mediterranean Basin. March 24-25, 1997. Naples, Italy.
5. Dris, R. 2000. Plant Nutrition and Postharvest Quality Of Horticultural Crops.
6. Graaf, R., 1995. Influence Of Moisture Deficit And Cultural Practices On Transpiration Of Glasshouse Roses. Proceedings of the 2nd International Symposium on Roses. Antibes, France 20-24 February 1995. Editors: Morisot, A., Ricci, P. Acta Horticulturae, Number 424.
7. Li, Y.L., Stanghellini, C., Challa, H. Effect of Electrical Conductivity And Transpiration On Production Of Greenhouse Tomato (*Lycopersicon esculentum* L.). Scientia Horticulturae 88 (2001), pp. 11-29.
8. Nkansah G.O and Ito T. 1995. Comparison of mineral absorption and nutrient composition of heat-tolerant and non heat-tolerant tomato plants at different root-zone temperatures. Journal of Horticultural Science, 70 (3), pp. 453-460
9. Salisbury, F., Ross, C., 1969. Plant Physiology. Wadsworth Publishing Company, Inc., Belmont, California.
10. Savvas, D., Passam H. 2002. Hydroponic Production Of Vegetables and Ornamentals. pp.27-29, 130-140.
11. Tamimi, Y., Matsuyama, D., Ison-Takata, K., Nakano, R. 1999. Distribution Of Nutrients In Cut-flower Roses And The Quantities Of Biomass And Nutrients Removed During Harvest. Hort Science 34(2), pp. 251-253 Mengel, K., Kirby, E.A. Principles Of Plant Nutrition. pp.11-23, 411- 471.



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



004000074930